WIADOMOŚCI TECHNICZNE UZBROJENIA

KWARTALNIK WYDAWANY PRZEZ
DEPARTAMENT UZBROJENIA M. S. WOJSK.



ROK JEDENASTY. ZESZYT Nr 43.
WARSZAWA — STYCZEŃ 1939 r.

WIADOMOŚCI
TECHNICZNE UZBROJENIA

KWARTALNIK WYDAWANY PRZEZ
DEPARTAMENT UZBROJENIA M. S. WOJSK.





ROK JEDENASTY. ZESZYT Nr 43.
WARSZAWA — STYCZEŃ 1939 r.

Treść artykułów jest wyrazem osobistych poglądów autorów na daną sprawę.

TREŚĆ:

OD REDAKCJI:

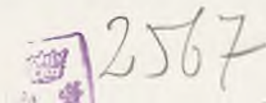
Odezwa Pana Szefa Departamentu Uzbrojenia w sprawie rozpowszechniania Wiadomości Technicznych Uzbrojenia znalazła szeroki oddźwięk w sferach wojskowych i technicznych, czego dowodem jest silnie wzmożona prenumerata naszego czasopisma.

Dziękując wszystkim naszym dawnym i nowym Czytelnikom za okazane nam w ten sposób zaufanie, pragnie Redakcja Wiadomości Technicznych Uzbrojenia podkreślić, że konieczną rzeczą byłoby, ażeby zainteresowanie to nie ograniczyło się tylko do prenumeraty i czytania czasopisma, lecz wyraziło się również przez jak najściślejszą *współpracę Czytelników z Redakcją.*

Przede wszystkim w Korpusie *oficerów uzbrojenia* znajdują się niewątpliwie specjaliści, którzy mogliby dzielić się z kolegami swym doświadczeniem i swą wiedzą techniczną. Na nich więc w pierwszym rzędzie spada obowiązek moralny przekazywania swych wiadomości ogółowi techników uzbrojeniowych w postaci artykułów z zakresu ich specjalności.

Poza oficerami, w obszernym gronie *inżynierów i techników* pracujących w poszczególnych działach, pośrednio lub bezpośrednio związanych z uzbrojeniem, jest wiele osób o wysokim poziomie fachowym i wybitnych specjalistów, posiadających rozległe wiadomości, oparte zarówno na studiach teoretycznych jak i na własnej praktyce. I oni również powinniby dzielić się swym doświadczeniem, opracowując związane z ich pracą działy w postaci artykułów na łamach Wiadomości Technicznych Uzbrojenia.

Brak praktyki w pisaniu artykułów nie powinien być tutaj przeszkodą, wszystkie bowiem prace nadesłane do Redakcji będą przez nią ujęte, w razie potrzeby, w odpowiednią szatę literacką bez naruszania myśli i rozważań autora. Wszelkie prace drukowane są odpowiednio honorowane.



Tematów na artykuły nie powinno zabraknąć, gdyż Wiadomości Techniczne Uzbrojenia w programie swym obejmują szeroki zakres wiedzy uzbrojeniowej, a mianowicie:

a) Zagadnienia o charakterze technicznym, a w szczególności:

1) działy nauk ścisłych i technicznych w zastosowaniu do techniki uzbrojeniowej;
2) studia z balistyki;
3) teoria i technologia materiałów wybuchowych;
4) konstrukcja sprzętu uzbrojenia, a więc zarówno broni jak i amunicji i sprzętu pomocniczego;
5) wyrób sprzętu uzbrojenia i wszystkie związane z nim zagadnienia techniczne i organizacyjne;
6) próby, doświadczenia i badania w zakresie ulepszania sprzętu uzbrojenia.

b) Zagadnienia o charakterze organizacyjnym i zaopatrzeniowym, a w szczególności:

1) organizacja służby uzbrojenia;
2) gospodarka sprzętem (konserwacja, przechowanie, naprawa);
3) służba uzbrojenia w polu (studia organizacyjne, teoretyczne, przykłady z wojen);
4) szkolenie.

Jako przykłady najbardziej aktualnych tematów mogą służyć następujące:

„Zagadnienie unifikacji broni maszynowej".
„Namiastki surowców dla przemysłu uzbrojeniowego".
„Postępy metalurgii i technologii w wyrobie broni".
„Możliwe ulepszenia w sprzęcie uzbrojenia".
„Przyczyny wypadków z bronią i zapobieganie im".

W szczególności najbardziej pożądane byłyby artykuły z zakresu konstrukcji broni i amunicji i to zarówno artykuły o charakterze teoretycznym, jak i sprawozdania przedstawiające ostatnie postępy poczynione za granicą w tej dziedzinie lub też opinie, wyrażane w tych sprawach na łamach prasy zagranicznej.

531.552

Ppłk dr TADEUSZ FELSZTYN

WŁASNOŚCI STABILIZACYJNE UBRZECHWIENIA

W pracy pt. „Ruch pocisku brzechwowego dokoła środka ciężkości" [1]) rozpatrywaliśmy ten ruch w założeniu, że pocisk porusza się po linii prostej ze stałą szybkością.

W pracy pt. „Ruch pocisku brzechwowego na torze" [2]) analizowaliśmy wpływ, jaki nieustannie zmienne: kierunek i szybkość ruchu środka ciężkości pocisku brzechwowego wywierają na jego ruch dokoła środka ciężkości.

Celem niniejszej pracy jest znalezienie związku pomiędzy budową ubrzechwienia pocisku a jego własnościami stabilizacyjnymi, określonymi w pracach poprzednich i określenie wielkości, mogących w sposób liczbowy charakteryzować wartość stabilizacyjną pewnego ubrzechwienia, a wreszcie wskazanie, jak wielkości te można obliczać na zasadzie pomiarów aerodynamicznych. Ponadto będziemy analizować zmienność własności stabilizacyjnych pocisku z szybkością lotu pocisku z chwilą przekroczenia szybkości głosu.

Oznaczenia, jakie w pracy niniejszej będziemy stosować, są to oznaczenia prac poprzednich [3]) oraz oznaczenia następujące:

B — wartość stabilizacyjna brzechwy.

$\bar{B}$ — $\dfrac{B}{\dfrac{\delta\, v^2}{200\, g}}$

---

[1]) Wiadomości Techniczne Uzbrojenia Nr 41 rok 1938, str. 307 i nast. W następnych odnośnikach pracę tę będę podawał jako „Ruch I".

[2]) Wiadomości Techniczne Uzbrojenia Nr 42 rok 1938 str. 421 i nast. W następnych odnośnikach pracę tę będę podawał jako „Ruch II".

[3]) „Ruch I" str. 307 i „Ruch II" str. 421, rok 1938.

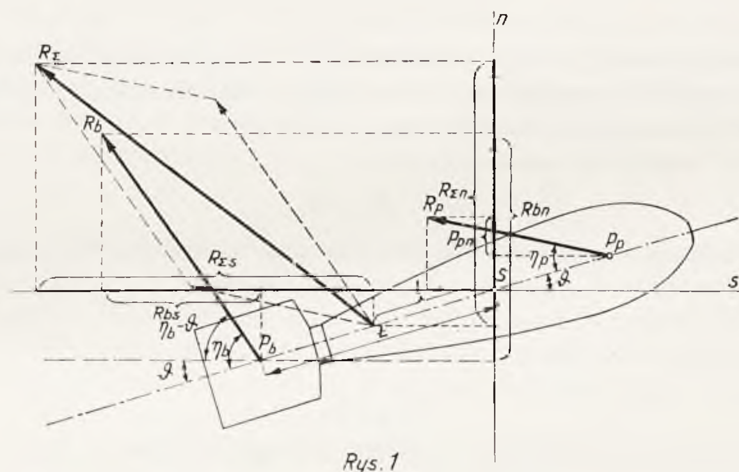
C — w rozdz. I współczynnik oporu powietrza.
C_m — współczynnik momentu oporu powietrza przy pomiarze aerodynamicznym.
C_n — współczynnik rzutu oporu powietrza na oś normalną przy pomiarze aerodynamicznym.
C_s — współczynnik rzutu oporu powietrza na oś styczną przy pomiarze aerodynamicznym.
H — dowolna liczba lub zmienna. W rozdz. I. — $H(\vartheta) = k_o h(\vartheta)$.
I — dowolna liczba lub zmienna.
$Ł$ — ramię oporu powietrza brzechwy.
$M(\vartheta)$ — $\frac{N(\vartheta)}{v^2}$
$\overline{M}(\vartheta)$ — czynnik momentu oporu powietrza.
N_Σ — moment oporu powietrza całego pocisku.
R_b — opór powietrza brzechwy.
$\overline{R}_b$ — $\frac{R_b}{\frac{\delta\ v^2}{200\ g}}$
R_n — rzut wektora oporu powietrza na oś normalną.
R_s — rzut wektora oporu powietrza na oś styczną.
R_p — opór powietrza samego pocisku.
R_Σ — opór powietrza całego pocisku.
S — w rozdz. I przekrój pocisku.
b — szybkość głosu.
h — wyraz zmienny lub stały o zmiennym znaczeniu. W rozdz. X. — $h = \frac{v\ a}{2v_b}$.
$h(\vartheta)$ — w rozdz. X. — $h(\vartheta) = \frac{R\,l\,k}{R_o\ l_o\ k_o}$.
i — współczynnik kształtu.
v_b — szybkość spływu powietrza do próżni.
x — odcięta toru.
y — rzędna toru.
Σ — jako znacznik — wielkość odnosząca się do całego pocisku (wraz z brzechwą).
χ — kąt wierzchołkowy stożka rozrzedzenia za pociskiem.

I. Wartość stabilizacyjna brzechwy.

Definicja.

Wyobraźmy sobie, że pocisk składa się z dwóch od siebie niezależnych części, tj. pocisku i brzechwy.

Niech w takim razie każda z tych części posiada pewien, odpowiadający jej, wektor oporu powietrza R_p i R_b, zaczepione w punktach P_p i P_b (rys. 1).



Rys. 1

Oba te wektory składają się ze sobą wektorjalnie we wspólny wektor R_Σ zaczepiony w punkcie P_Σ, a momenty dodają się do siebie algebraicznie.

Ażeby obliczyć wektor wypadkowy, rozłóżmy wektory R_p i R_b na ich rzuty na osie: styczną do toru s i normalną n (przy czym— zgodnie z założeniem, że pocisk przez cały czas biegnie w płaszczyźnie strzału—przyjmijmy oś n w płaszczyźnie strzału).

Mamy więc w tym wypadku równanie

$$R_{\Sigma s} = R_{ps} + R_{bs} \tag{1}$$

$$R_{\Sigma n} = R_{pn} + R_{bn}$$

gdzie przez znacznik Σ oznaczyliśmy wektor wypadkowy, przez znacznik p wektor odpowiadający pociskowi, przez b wektor odpowiadający brzechwie, a przez oznaczenia s i n—rzuty tych wektorów na oś s lub n.

Jeżeli zastosujemy wzór, używany stale przy pomiarach aerodynamicznych pocisków, że

(2) $$R_s = \frac{C_s}{100} \cdot \frac{\delta}{2\,g} S\, v^2,$$

gdzie przez S oznaczyłem przekrój pocisku prostopadle do osi symetrii, a przez δ ciężar właściwy powietrza, w takim razie (przyjmując S jako przekrój tak pocisku jak i brzechwy) otrzymamy

(3) $$C_{\Sigma s} = C_{ps} + C_{bs}$$

i analogicznie

(3a) $$C_{\Sigma n} = C_{pn} + C_{bn},$$

co zezwala, jeżeli pomiary aerodynamiczne dają nam wielkość współczynników C dla pocisków z brzechwą i bez brzechwy, obliczyć wielkość oporu powietrza dla samej brzechwy.

Dla momentów mamy równanie

(4) $$N_\Sigma = N_p + N_b,$$

gdzie N oznacza, jak w pracach „Ruch I" i „Ruch II", moment oporu powietrza.

Należy przy tym pamiętać, że znaki momentów N_p i N_b są sobie przeciwne, albowiem

$$N_b < 0.$$

Dla wyrazu momentu brzechwy możemy napisać

(5) $$N_b = R_b\, Ł \sin \eta_b = R_b\, Ł\, k_b(\vartheta) \sin \vartheta,$$

jeżeli przez k_b oznaczać będziemy, analogicznie jak w pracach „Ruch I" i „Ruch II"

(6) $$k_b = \frac{\sin \eta_b}{\sin \vartheta}$$

i jeżeli przez $Ł$ oznaczymy ramię oporu powietrza brzechwy (które w dalszym ciągu nazywać będę *„ramieniem stabilizacyjnym brzechwy")*. Wielkość

(7) $$R_b\, k_b(\vartheta) = B(\vartheta)$$

nazywać będę *„wartością stabilizacyjną brzechwy"*.

Kilka słów dla usprawiedliwienia tego określenia.

Ściśle biorąc należałoby osobno rozpatrywać wielkość R_b, tj. opór powietrza brzechwy, osobno zaś wielkość $k_b(\vartheta)$, którą nazywać będę *„stosunkiem powiększeń kątowych brzechwy"*.

Jednak w wyrazie momentu, a więc dla określenia wartości N, rolę gra tylko iloczyn tych dwu wielkości.

Jeżeli więc chodzi nam tylko o określenie, jaką wartość stabilizacyjną przedstawia dana brzechwa, tj. czy jest ona korzystna, stwarzając duże wypadkowe $N(\vartheta)$, w takim razie wystarczy rozpatrzeć jedynie iloczyn oporu i stosunku powiększeń kątowych, a więc to, co nazwałem „wartością stabilizacyjną brzechwy".

Oczywiście dla zastosowań praktycznych będzie lepiej, jeżeli dużą wartość stabilizacyjną uzyska brzechwa przy małym oporze, tj. przez duży stosunek powiększeń kątowych.

Kwestię tę będzie należało poddać szczegółowym rozważaniom, nie może ona jednak w niczym zmienić pojęcia wartości stabilizacyjnej brzechwy, najwyżej tylko może spowodować, że składowe tej wartości będą raz korzystniejsze, drugi raz mniej korzystne dla zastosowań praktycznych.

II. Sposób oznaczania wartości stabilizacyjnej brzechwy z pomiarów aerodynamicznych.

Jeżeli mamy pomiar aerodynamiczny pocisku z brzechwą i pocisku samego, w takim razie dane są nam wielkości $C_{\Sigma s}$, $C_{\Sigma n}$, C_{ps}, C_{pn}, o których mowa była poprzednio.

Równocześnie pomiar aerodynamiczny daje nam wielkości $C_{\Sigma m}$ i C_{pm}, określone poniższym równaniem (8), a równanie

$$N = \frac{C_m}{100} \cdot \frac{\delta}{2g} S\, l\, v^2, \tag{8}$$

gdzie l oznacza długość ogólną pocisku (przy czym dla rachunku praktycznego należy pamiętać o tym, że długość ta dla pocisku z brzechwą jest inna niż dla pocisku bez brzechwy) — daje nam wielkość momentu.

Pomiary aerodynamiczne wielkości C_m odnoszą się zawsze do ostrza pocisku, jeżeli więc chcemy je przeliczyć dla środka ciężkości pocisku odległego o wielkość U od ostrza pocisku, to należy posługiwać się wzorem, którego wyprowadzenie jest tak proste, że nie podaję go tutaj:

$$C_{m,U} = C_{m,o} - \frac{U}{l}(C_n \cos\vartheta + C_s \sin\vartheta). \tag{9}$$

$C_{m,U}$ oznacza tu C_m odniesione do środka ciężkości pocisku, a $C_{m,o}$ do jego ostrza.

Pomiary aerodynamiczne dają nam wielkości C_n, C_s i C_m zarówno dla pocisku z brzechwą jak i bez brzechwy, co pozwoli nam na znalezienie wielkości odpowiadających samej brzechwie.

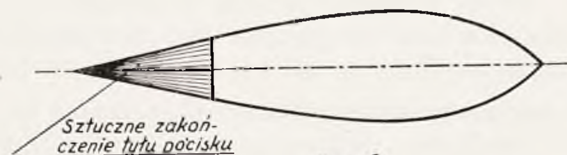
Teoretycznie rzecz biorąc, możnaby starać się uzyskiwać wielkości charakterystyczne dla brzechwy wprost z pomiaru aerodynamicznego.

Ten sposób postępowania wzbudzałby jednak poważne wątpliwości natury teoretycznej, brzechwa bowiem jest przeznaczona do umieszczenia za pociskiem i z tego punktu widzenia interesującą jest jej wartość stabilizacyjna nie sama w sobie, ale właśnie za pociskiem, a więc zarówno jej skrzydełek, jak i tulei, na której umieszcza się brzechwę. O ile zaś opór samej brzechwy — jak to dalej wykażę — mało ulega zmianie wskutek umieszczenia brzechwy za pociskiem, to dla tulei czy trzona, na którym umieszczamy brzechwę, sprawa ta przedstawia się wręcz przeciwnie.

Z tego też względu w całej niniejszej pracy wartość stabilizacyjną brzechwy obliczam z różnicy pomiarów pocisków z brzechwą i bez brzechwy.

Przy pomiarze pocisku bez brzechwy należy uwzględnić, że zastosowanie tulei albo trzona usuwa rozrzedzenie za pociskiem. Gdybyśmy więc odjęli brzechwę i tak mierzyli dane aerodynamiczne pocisku, to otrzymalibyśmy fałszywe wielkości współczynników oporów dla pocisków wynikłe z depresji za pociskiem, której w rzeczywistych warunkach lotu pocisku niema.

Dlatego też przy pomiarach aerodynamicznych samego pocisku należy tył jego zakańczać w sposób sprzyjający prawidłowemu spływowi powietrza, jak uwidoczniono na rys. 2.



Rys. 2

Przez to wprowadza się pewien czynnik dowolności, nieznaczny coprawda, niestety jednak nieunikniony.

Jeżeli dane są nam momenty (obliczone w stosunku do środka ciężkości) pocisku z brzechwą i bez brzechwy, to możemy obliczyć moment samej brzechwy ze wzoru

$$N_b = N_{\Sigma} - N_p$$

Określmy obecnie te same wielkości, lecz obliczone dla środka ciężkości przesuniętego o pewną wielkość U.

Otrzymamy wtedy

$$N_{bU} = N_{\Sigma U} - N_{pU}. \tag{10a}$$

Z defininicji wielkości B i $Ł$ wynika, że

$$N_b = B \, . \, Ł \sin \vartheta,$$

$$N_{bU} = B \, (Ł + U) \sin \vartheta \tag{11}$$

skąd więc, oznaczając przez

$$F = \frac{N_b}{N_{bU}} = \frac{Ł}{Ł + U}, \tag{12}$$

otrzymujemy

$$Ł = \frac{F \, U}{1 - F} \tag{13}$$

oraz

$$B = \frac{N_b}{Ł \sin \vartheta}. \tag{14}$$

Warto zaznaczyć, że tak otrzymane wielkości B i U są — w granicach dokładności rachunku — niezależne od wyboru wielkości przesunięcia U, jak o tym zresztą łatwo można się przekonać przez zastosowanie wzorów (11) i (12). Ze względu na dokładność rachunku oczywiście korzystniej jest posługiwać się stosunkowo dużymi wartościami U.

Mając wartość B łatwo obliczyć wielkości oporu powietrza brzechwy i jej stosunku powiększeń kątowych.

Napiszmy mianowicie

$$C_{bs} = C_{\Sigma s} - C_{ps} \tag{3b}$$

$$C_{bn} = C_{\Sigma n} - C_{pn} \tag{3c}$$

oraz (rys. 1)

$$tg \, (\eta_b - \vartheta) = \frac{R_{bn}}{R_{bs}} = \frac{C_{bn}}{C_{bs}}. \tag{15}$$

Ze wzoru (15) otrzymujemy η_b, a stąd

$$k_b = \frac{\sin \eta_b}{\sin \vartheta} \tag{16}$$

i

$$R_b = \frac{B}{k_b} \tag{17}$$

P r z y k ł a d.

Zestawienie 1.

Pocisk Stokes-Brandt (konstrukcji firmy Brandt o 6-ciu brzechwach).

$$\vartheta = 2^0\ 30'$$

$C_{\Sigma n} = 9{,}0$	$C_{\Sigma s} = 10{,}2$	$\overline{M}_{\Sigma} = 0{,}001006$	$\overline{M}_{\Sigma U} = 0{,}007485$
$C_{pn} = 1{,}7$	$C_{ps} = 7{,}8$	$\overline{M}_p = -0{,}00328$	$\overline{M}_{pU} = -0{,}001885$
$C_{bn} = 7{,}3$	$C_{bs} = 2{,}4$	$\overline{M}_b = 0{,}004286$	$\overline{M}_{bU} = 0{,}009370$

W zestawieniu 1 jako wielkość przesunięcia U przyjęto

$$U = 0{,}135\ m$$

Wielkość określona przez $\overline{M}$ oznacza tutaj

$$\overline{M} = C_m\, t\, .\, S,$$

a więc moment podzielony przez

$$\frac{\delta\ v^2}{200\ g}$$

Należy zauważyć, że dla $v = 40$ m/sek i $\delta = 1{,}225$ kg/cm³ (jak to zachodziło przy danym pomiarze) mamy

$$\frac{\delta\ v^2}{200\ g} = 1$$

a więc

$$\overline{M} = N$$

Ze wzorów (12) do (17) wynika, że

$$F = \frac{0{,}004286}{0{,}009370} = 0{,}4572$$

$$Ł = 0{,}1136\ \text{m}$$

$$\overline{B} = \frac{\overline{M}_b}{Ł \sin 2^0\ 30'} = 0{,}8648$$

(gdzie, analogicznie jak poprzednio

$$\overline{B} = \frac{B}{\frac{\delta\ v^2}{200\ g}},$$

a więc dla warunków próby $B = \overline{B}$)

$$tg\ (\eta_b - \vartheta) = \frac{7{,}3}{2{,}4} = 3{,}04$$

$$\eta_b - \vartheta = 71^0\ 50'$$

$$\eta_b = 74^0\ 20'$$

$$\sin\ \eta_b = 0{,}963$$

$$\sin\ \vartheta = 0{,}04362$$

$$k_b = 22$$

$$\overline{R}_b = \frac{0{,}8648}{22} = 0{,}0393$$

(gdzie, analogicznie jak poprzednio,

$$\overline{R} = \frac{R}{\frac{\delta\ v^2}{200\ g}})$$

Zestawienie 2.

Pocisk Stokes-Brandt.

$$\vartheta = 10^0$$

$C_{\Sigma n} = 38{,}9$	$C_{\Sigma s} = 18{,}0$	$\overline{M}_{\Sigma} = \quad 0{,}00750$	$\overline{M}_{\Sigma U} = \quad 0{,}03583$
$C_{pn} = \quad 9{,}0$	$C_{\Sigma p} = 10{,}9$	$\overline{M}_p = -\ 0{,}007965$	$\overline{M}_{pU} = -\ 0{,}00058$
$C_{bn} = 29{,}9$	$C_{bs} = \quad 7{,}1$	$\overline{M}_b = \quad 0{,}015465$	$\overline{M}_{bU} = \quad 0{,}03641$

Wartość przesnięcia U jak poprzednio 0,135 m.

$$F = \frac{0{,}015465}{0{,}03641} = 0{,}4246$$

$$Ł = 0{,}09965\ \text{m}$$

$$\overline{B} = 0{,}8935$$

$$tg\ (\eta_b - \vartheta) = \frac{29{,}2}{7{,}1} = 4{,}11$$

$$\eta_b - \vartheta = 76^0\ 15'$$

$$\eta_b = 86^0\ 15'$$

$$\sin\ \eta_b = 0{,}9984$$

$$\sin \vartheta = 0{,}1736$$

$$k_b = 5{,}75$$

$$\overline{R}_b = \frac{0{,}8935}{5{,}75} = 0{,}155$$

Uwaga.

Do tych samych wielkości dojdziemy, jeżeli obliczymy

$$\overline{R} = S \sqrt{C_s^2 + C_n^2}$$

uwzględniając, że $S = 0{,}00509\ m^2$.

$\underline{\vartheta = 5^0}$

Wartości dla $\vartheta = 5^0$ podaję już bez rachunku

$$Ł = 0{,}1016\ m$$

$$B = 0{,}8780$$

$$k_b = 11{,}3$$

$$\overline{R}_b = 0{,}0777.$$

Widać tutaj, że ze wzrostem kąta ϑ wartość stabilizacyjna B prawie że nie ulega zmianie, opór powietrza R_b wzrasta bardzo szybko wraz z kątem, a mianowicie prawie dwukrotnie dla kąta 5^0, a prawie czterokrotnie dla kąta 10^0 w stosunku do kąta $2{,}5^0$.

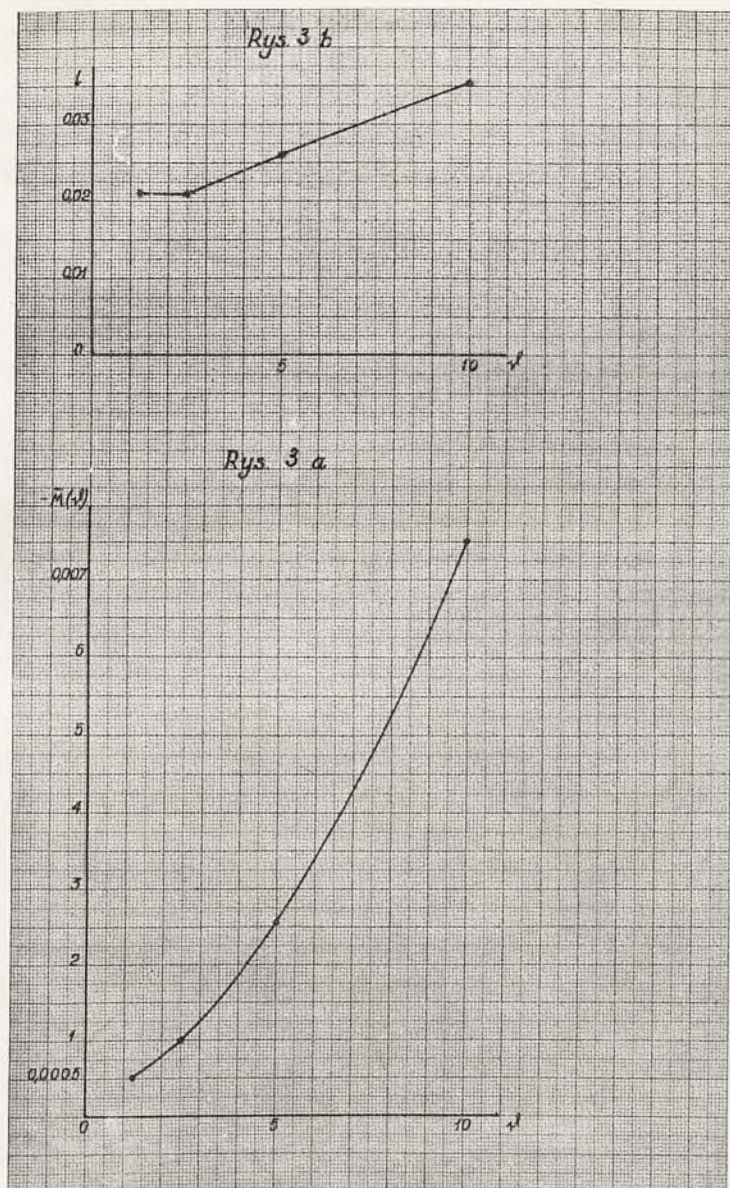
Malenie oporu powietrza brzechwy przy małych kątach zostaje jednak zrównoważone wzrostem stosunku powiększeń kątowych k_b, dzięki czemu przy małych kątach — pomimo iż wartość stabilizacyjna brzechwy nie ulega zmianie — opór powietrza maleje.

Tego rodzaju ukształtowanie brzechwy jest korzystne dla lotu pocisku, ponieważ zapewnia dobrą jego stabilizację przy równocześnie stosunkowo niedużym oporze w położeniu stycznym do toru, a więc osiowym.

Ramię stabilizacji $Ł$ maleje wraz z kątem, co jednak nie odbija się na wartości stabilizacyjnej, ponieważ dzięki znacznie silniejszemu wzrostowi wyrazu B w porównaniu do malenia $Ł$, zarówno ramię oporu powietrza l, jak i $N(\vartheta)$ rosną (w bezwzględnej wartości) wraz z kątem (rys. 3).

We wzorze na $N(\vartheta)$ wyraz trzeciego stopnia jest więc ujemny.

Ten typ brzechwy należy uznać za bardzo korzystny, co zre-



sztą potwierdzają dane, jakie odnośnie tego typu pocisku podaje literatura [1]).

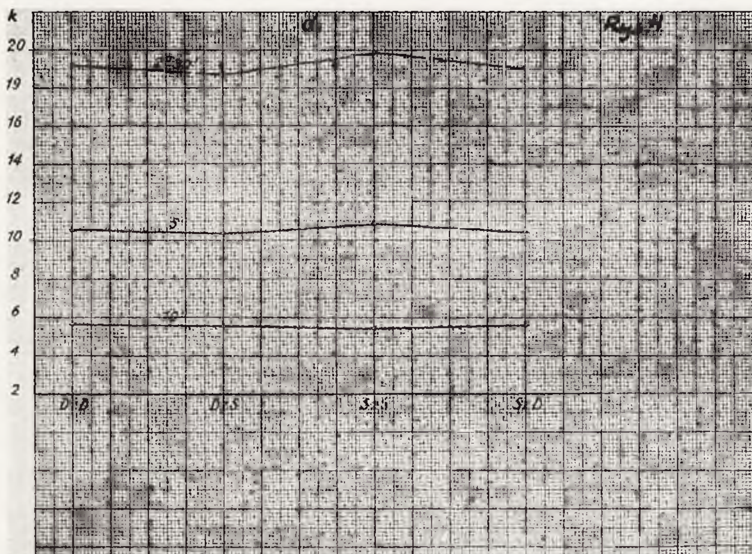
[1]) Np. *E. C. Goebert.* „An Effective Trench Mortar". Army Ordnance tom XIII Nr 77, str. 281 i nast.

III. Wpływ interakcji.

Określenie: wartość stabilizacyjna brzechwy ma sens tylko wtedy, jeżeli istotnie jest to jakaś wielkość fizyczna, związana z brzechwą, a więc niezmienna lub przynajmniej mało zmienna przy przenoszeniu brzechwy z pocisku na pocisk.

Jak już wyżej wspomniałem, o całkowitej niezależności nie ma mowy, ponieważ nie ulega wątpliwości, że zaburzenia wywołane w opływie strug przez pocisk muszą wywierać swój skutek na opór powietrza brzechwy i że niewątpliwie brzechwa bez pocisku będzie miała inne własności aerodynamiczne niż brzechwa umieszczona za pociskiem.

O zupełnym braku interakcji między pociskiem a brzechwą nie może więc być mowy.



Można się jednak zapytać, jak wielki jest wpływ tej interakcji i określić tym samym, jak dalece wolno przenosić wielkości stabilizacyjne brzechw, uzyskane przy jednym pocisku, na drugi pocisk.

Weźmy dla przykładu dwa pociski i dwie brzechwy, a więc pocisk Stokesa wz. 24 i pocisk, który nazwę pociskiem „*D*", oraz brzechwę Stokesa wz. 24 i brzechwę „*D*".

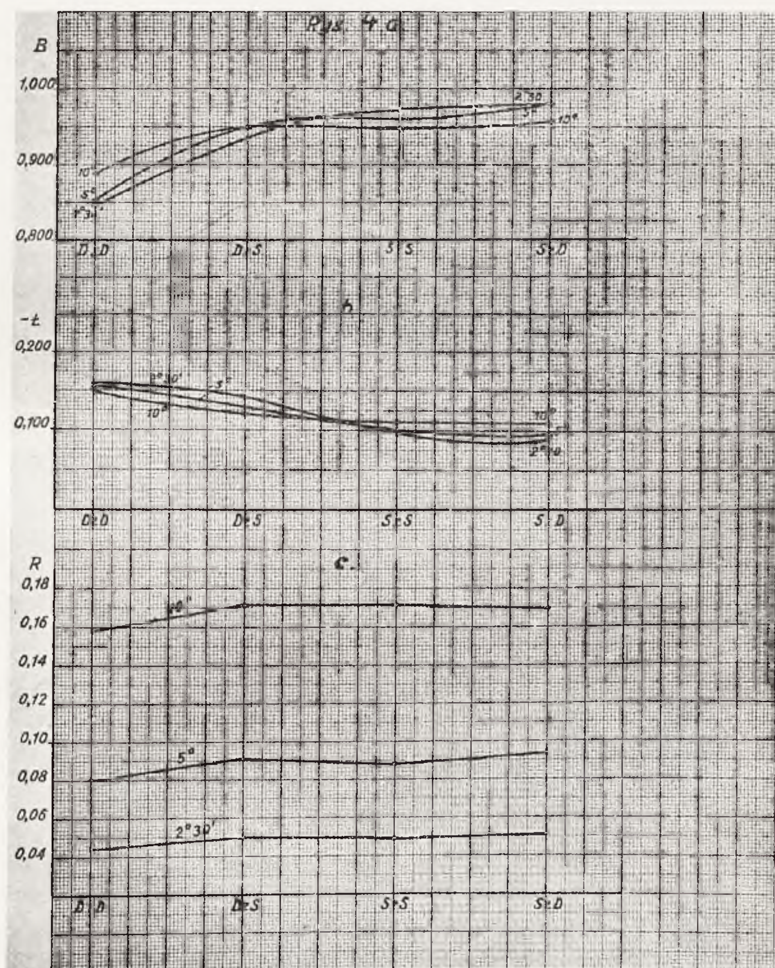
Istnieją więc cztery możliwe kombinacje:

Pocisk Stokes z brzechwą Stokesa (oznaczony na rysunku *S z S*).

Pocisk Stokes z brzechwą *D (S z D)*.

Pocisk *D* z brzechwą Stokesa *(D z S)* i

pocisk *D* z brzechwą *D (D z D)*.



Charakterystyczne wielkości tych czterech wariantów przedstawia rysunek 4.

Widać z niego, że jakkolwiek o całkowitym braku interakcji nie może być mowy, to jednak istotne charakterystyczne wielkości

brzechwy, a mianowicie jej wartość stabilizacyjna i ramię stabilizacji podlegają przy przejściu od jednego pocisku do drugiego różnicom dość niedużym.

Dzięki temu można stosować przy obliczaniu nowych konstrukcji pocisków — wartości stabilizacyjne brzechw już znane, pod warunkiem oczywiście, że budowa tylnej części pocisku będzie tego rodzaju, iż zmniejszy ona wpływ interakcji.

Obliczenia te, rzecz jasna, nie dadzą rezultatów całkowicie zgodnych z rzeczywistością, pozwolą nam jednak bardzo znacznie się do tej rzeczywistości przybliżyć.

Rysunek 4 pozwala nam ponadto stwierdzić, że:

1) Brzechwa Stokesa znacznie mniej podlega wpływowi interakcji niż brzechwa *D*.

2) Interakcja w wartości stabilizacyjnej brzechwy *D* objawia się nie w stosunku powiększeń kątowych, który prawie zupełnie nie ulega zmianie, lecz w wielkości oporu powietrza.

3) Pocisk Stokesa zdaje się mniej wpływać na wartość stabilizacyjną brzechwy niż pocisk *D*.

Drugim przykładem niech będzie pewien pocisk, który oznaczymy przez *A*. W pocisku tym brzechwę przesuwano do tyłu o 10 i 20 mm, przy czym tylne zakończenie pocisku zostało dobrane w taki sposób, ażeby opływ powietrza był możliwie korzystny, zmniejszając interakcję do możliwego minimum.

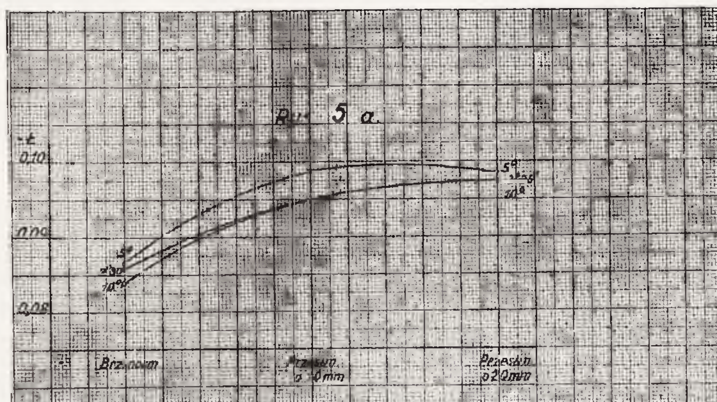
Uzyskane przy pomiarze aerodynamicznym wielkości *Ł* i *B* podaje rys. 5.

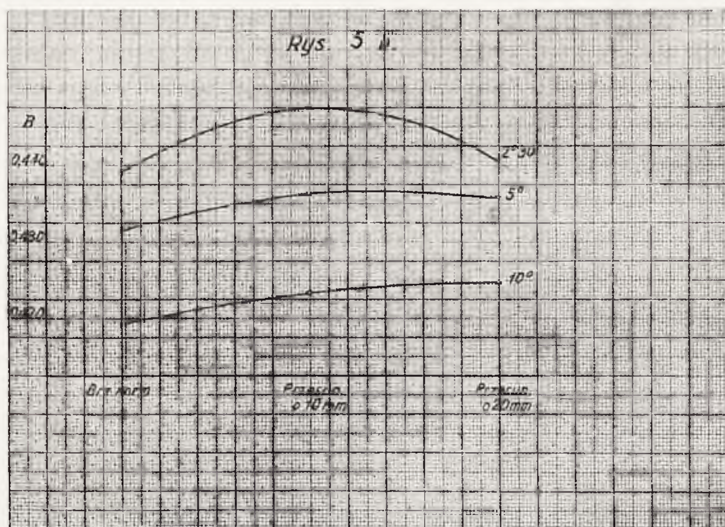
Gdyby nie było interakcji, to wartość stabilizacyjna brzechwy nie uległaby zmianie przy jej przesuwaniu do tyłu, a wielkość ramienia stabilizacji *Ł* powiększyłaby się o tyle milimetrów, o ile przesunęlibyśmy brzechwę do tyłu.

Jeżeli chodzi o ramię stabilizacji, to istotnie przy przesunięciu brzechwy do tyłu o 10 mm ramię stabilizacji powiększa się o prawie że równe 10 mm, natomiast przy przesunięciu o dalszych 10 mm — ramię powiększa się już tylko nieznacznie, co dowodzi, że zaburzenie, wywołane przez tuleję, działa tu w sposób wyraźnie niekorzystny.

Wartość stabilizacyjna brzechwy ulega zmianom nieprzekraczającym 1,3% wartości *B* i to tylko przy małym kącie. Przy kącie bowiem $\vartheta = 5^0$ i więcej zmiana wartości *B* nie przekracza 0,9%, a więc wielkości zupełnie bez znaczenia dla praktyki i leżącej w granicach błędów doświadczalnych.

Powyższe przykłady świadczą więc o tym, że istotnie wartość stabilizacyjna brzechwy jest pewną wielkością, o której można mówić jako o wielkości związanej z danym typem brzechwy i że wolno — przynajmniej w pierwszym przybliżeniu — przyjąć, iż wartość stabilizacyjną brzechwy można przenosić od pocisku do pocisku.





Powyższe twierdzenie wymagałoby oczywiście jeszcze potwierdzenia przez pomiary znacznie obszerniejsze i obfitsze, które możeby pozwoliły na wykrycie pewnych praw — choćby na razie empirycznych — łączących poszczególne wielkości ze sobą.

Jednak trzeba zwrócić uwagę na to, że znalezienie takich prawideł nie jest bynajmniej rzeczą łatwą, skoro nie udało się dotychczas ustalić dokładnych, a nawet dostatecznie przybliżonych praw, wiążących opór pewnego ciała z jego kształtem. Wielka bowiem zawiłość zjawisk, z jakimi mamy do czynienia, utrudnia znalezienie tego rodzaju prawidłowości nawet w wypadkach stosunkowo prostych, a cóż dopiero przy zjawiskach tego rodzaju, jak skomplikowane kształty brzechwy umieszczonej za przeszkodą w postaci korpusu pocisku.

Dlatego też jedynie wielka liczba doświadczeń może dać tutaj pewną orientację i pewne wskazania dla konstruktora.

Przedstawiony poniżej materiał nie ma żadnej pretensji do przybliżonego choćby wyczerpania przedmiotu, zwłaszcza że otrzymane tu dane nie są bynajmniej wynikiem jakichś doświadczeń celowo przeprowadzonych dla wyświetlenia praw, jakim podlega wartość stabilizacyjna brzechwy, ale są jedynie materiałem doraźnym uzyskanym w czasie badań nad rozmaitymi typami pocisków brzechwowych, z których starać się będę poniżej wyciągnąć pewne wnioski. Wyjątek stanowią jedynie nieliczne badania, jak np. wspomnianego powyżej pocisku *A*.

Poniższe więc rozważania dalekie będą od ujęcia całokształtu zagadnienia. Celem ich jest raczej tylko zwrócić uwagę na pewne prawidłowości i związki, które można stwierdzić przy analizie problemu wartości stabilizacyjnej brzechwy.

Jeżeli tą drogą uda się stworzyć podstawy pod badania bardziej systematyczne i bardziej wyczerpujące, w takim razie cel, jaki został zakreślony niniejszej pracy, zostanie osiągnięty.

IV. Cień aerodynamiczny.

Każde ciało poddane działaniu prądu powietrza o pewnej szybkości wywołuje zaburzenia w opływie strug, oddziaływując przez to na własności aerodynamiczne ciała za nim umieszczonego.

Teoretycznie rzecz biorąc, zasięg tych zaburzeń jest nieograniczony. W praktyce jednak w dość już niedużej odległości za ciałem wpływ wywołanych przezeń zaburzeń jest tak nieznaczny, że można go zupełnie pominąć.

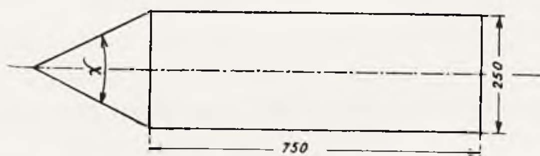
Tę przestrzeń, w której wpływ zaburzeń, wywołanych przez dane ciało, w znacznym jeszcze stopniu odbija się na własnościach

aerodynamicznych ciała za nim umieszczonego, nazywać będę *„cieniem aerodynamicznym"* danego ciała.

Wielkość cienia aerodynamicznego pocisku jest oczywiście zależna od kształtu pocisku. Znalezienie ścisłych praw w tym kierunku jest rzeczą bynajmniej nie łatwą.

Ażeby jednak uzyskać choć dane przybliżone, przeprowadzono w Instytucie Aerodynamicznym Politechniki Warszawskiej na moją prośbę i na zasadzie wskazówek p. prof. *Witoszyńskiego* następujące doświadczenie.

Rys. 6



Walec kołowy długości 0,75 m, średnicy 0,25 m ($l = 3a$), zakończony został różnymi stożkami o kącie γ (rys. 6), po czym poddano go badaniom na wielkość oporu powietrza. Uzyskane na tej drodze wyniki przedstawia zestawienie 3 i rys. 7.

Rys. 7

Zestawienie 3.

Określenie cienia aerodynamicznego.

Szybkość wiatru m/sek.	Wielkość współczynnika oporu powietrza C_s dla kąta stożka					
	180° (walec bez stożka)	120°	90°	60°	45°	30°
31,0	90,70	90,35	91,70	85,60	79,50	79,20
35,4	90,40	90,65	90,90	85,60	79,72	78,40
40,0	89,60	90,00	91,07	84,30	77,80	77,20
43,8	88,96	89,12	90,95	83,85	77,90	76,90
47,3	89,00	89,60	91,45	83,88	77,95	76,88

Widać z niego, że stożek 120° nie daje jeszcze, praktycznie rzecz biorąc, żadnej zmiany w oporze powietrza.

Stożek o kącie 90° opór powietrza nawet lekko powiększa, dopiero od stożka o kącie 60° opór powietrza zaczyna szybko maleć.

Widać więc, że stożek o kącie 120° leży jeszcze całkowicie w cieniu aerodynamicznym, stożek zaś o kącie 60° leży już poza cieniem aerodynamicznym. Granica cienia aerodynamicznego leży gdzieś więc pomiędzy stożkiem 90° a 60°, prawdopodobnie, jak to wynika z rysuku 7, około 75°.

Wielkość tego stożka pozwala więc określić przestrzeń leżącą w cieniu aerodynamicznym pocisku.

Jeżeli na tle tych doświadczeń rozpatrzymy powyżej wspomniany pocisk *D*, to zauważymy istotnie, że zasięg cienia aerodynamicznego pocisku Stokesa jest mniejszy niż pocisku *D*, co tłumaczy mniejszą interakcję pocisku Stokesa.

Zjawisko zaobserwowane przy stożku o kącie 90°, że stożek ten powiększa opór powietrza zamiast go zmniejszać, wskazuje, że umieszczona w pewnych miejscach cienia aerodynamicznego przeszkoda wywołuje skutek odwrotny, niżby tego należało się spodziewać w warunkach normalnych. Tłumaczy to nam, dlaczego części brzechwy, umieszczone zbyt blisko korpusu pocisku, wywołać mogą skutek wręcz odwrotny, tj. pogarszać stabilizację zamiast ją polepszać, jak to stwierdzono już niejednokrotnie. [1])

---

[1]) *Bulletin de Renseignements de l'Artillerie* Nr 15, ppłk Duchène—„*Étude sur la stabilité des projectiles*", Nr 15, str. 22.

V. Wpływ długości brzechwy.

Jednym ze sposobów powiększenia wartości stabilizacyjnej brzechwy, sposobów niejednokrotnie stosowanych, jest powiększenie ogólnej długości brzechwy.

Dla zbadania wpływu tego powiększenia zastosowano we wspomnianym poprzednio doświadczalnym pocisku *A* brzechwę wydłużoną o 10 mm w porównaniu do brzechwy pocisku pierwotnego (długość brzechwy 72 mm zamiast 62 mm), co odpowiada powiększeniu powierzchni skrzydełek brzechwy o $\sim 20\%$.

Wpływ tego przedłużenia wykazuje rysunek 8.

Widać z niego, że przedłużenie brzechwy powoduje wzrost ramienia stabilizacji i to znacznie silniejszy niż samo przedłużenie brzechwy, bo o 30 mm dla kąta pochylenia 10^0, a około 20 mm przy kątach $2{,}5^0$ i 5^0. Widać więc, że tylna część brzechwy, mniej podległa wpływom tulei, silnie przyciąga punkt zaczepienia oporu powietrza ku sobie.

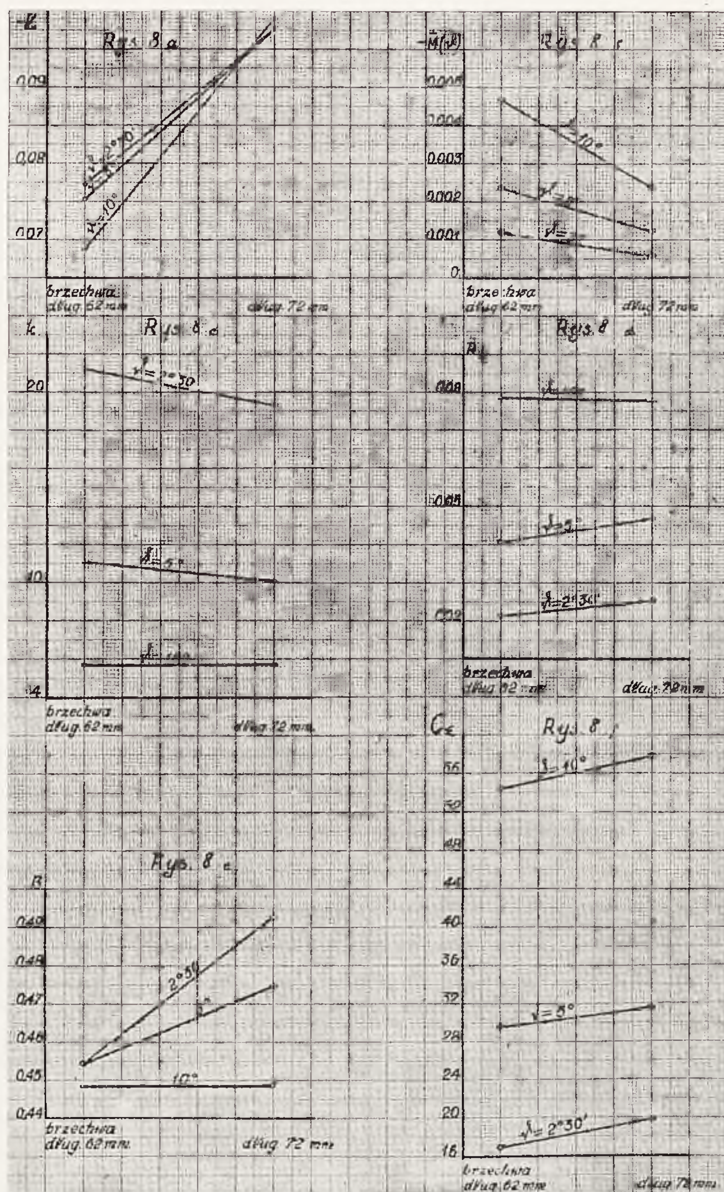
Wartość stabilizacyjna brzechwy *B* wzrasta jednak w stopniu mniejszym, bo o 8,5% dla kąta $2^0\,30'$, o 4,4% dla kąta 5^0, a pozostaje zupełnie bez zmiany dla kąta 10^0, przy czym wzrost tej wartości stabilizacyjnej osiągnięty jest prawie że wyłącznie przez wzrost oporu brzechwy, skoro wartość stosunku powiększeń kątowych k nie tylko że nie ulega zwiększeniu, ale nawet pomniejszyła się i to przy kącie $2{,}5^0$, przy którym nastąpił wzrost wartości stabilizacyjnej.

W związku z tym nastąpił znaczny wzrost oporu powietrza brzechwy, bo o 19% dla kąta $2{,}5^0$, a o 15% dla kąta 5^0 oraz wzrost oporu powietrza całego pocisku o 17,5% dla $\vartheta = 2{,}5^0$, a o 6% dla $\vartheta = 10^0$. Równocześnie pogorszył się również przebieg krzywej $\overline{M}(\vartheta)$ i to właśnie przy kątach małych, a więc najważniejszych.

Widać więc, że wydłużenie brzechwy jest istotnie jednym ze sposobów polepszania jej wartości stabilizacyjnej, ale że sposób ten pociąga za sobą poważne strony ujemne, jak zwiększenie oporu powietrza w położeniu najważniejszym, bo prawie osiowym, a ponadto przedstawia ono gorszy przebieg momentu stabilizacyjnego w zależności od kąta.

Sposób ten więc nie jest najkorzystniejszym, zwłaszcza przy pociskach wystrzeliwanych z lufy, gdzie przedłużenie brzechwy pociąga za sobą również i wzrost momentu działania gazów wylotowych.

Jest więc rzeczą pożądaną poszukiwanie takiego rozwiązania, które by uzyskiwało lepsze ubrzechwienie bez tych wszystkich stron niekorzystnych.



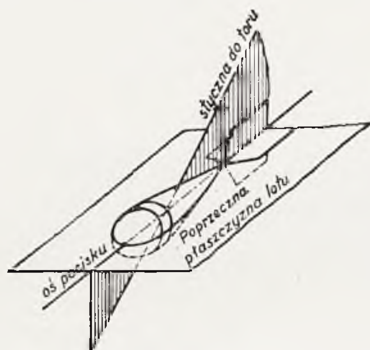
VI. Wpływ położenia brzechwy.

Pocisk brzechwowy, w przeciwieństwie do pocisku gwintowanego, nie ma budowy całkowicie symetrycznej.

Przeważnie konstrukcja brzechwy wykonana jest w ten sposób,

że posiada ona szereg skrzydełek, skutkiem czego nie jest rzeczą obojętną, w jakim położeniu pocisk leci na torze.

Dla ustalenia pojęć wprowadźmy pojęcie *„poprzecznej płaszczyzny lotu"* nazywając w ten sposób płaszczyznę, przechodzącą przez oś pocisku i prostopadłą do płaszczyzny przeprowadzonej przez oś pocisku i przez styczną do toru (rys. 9).



Rys. 9.

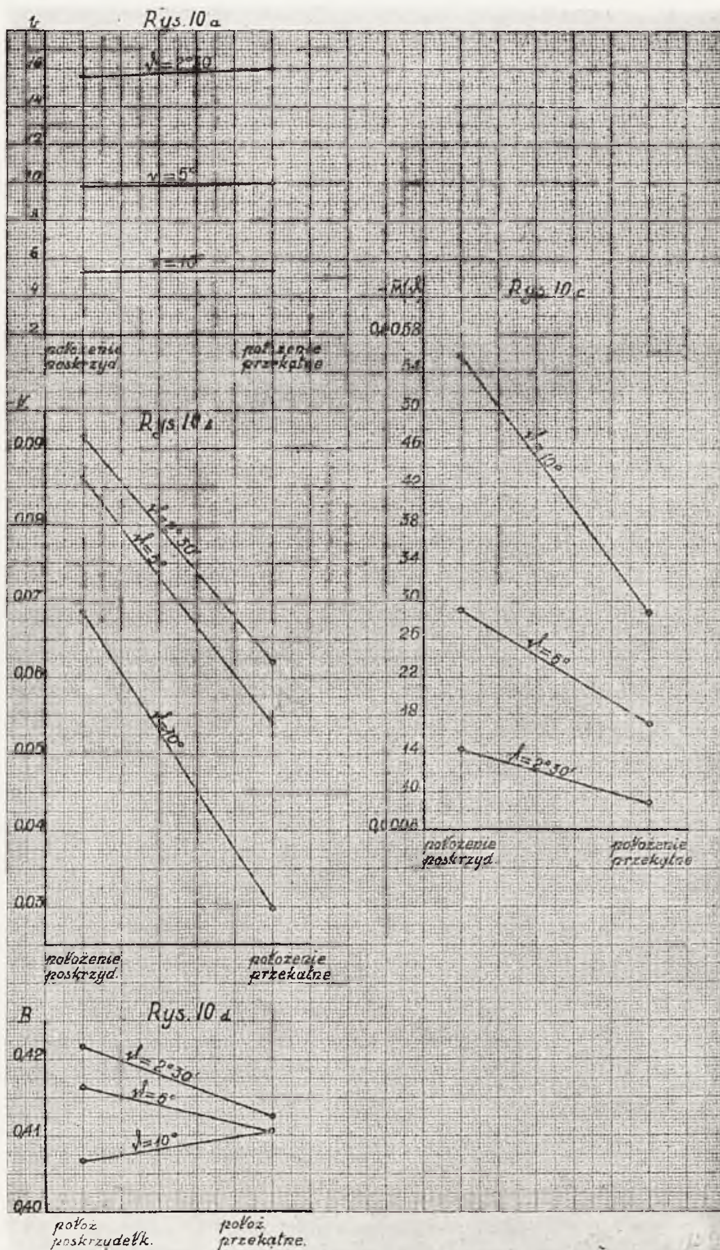
Przy naszym założeniu wahań płaskich, odbywających się na płaszczyźnie strzału, poprzeczna płaszczyzna lotu będzie więc prostopadła do płaszczyzny strzału. Pocisk może lecieć albo w ten sposób, że poprzeczna płaszczyzna lotu przechodzi przez jedno ze skrzydełek (tj. przy parzystej liczbie skrzydełek przez dwa skrzydełka) lub też po przekątnej między dwoma skrzydełkami. Należy zauważyć, że przy wahaniach płaskich pocisku położenie poprzecznej płaszczyzny lotu w stosunku do skrzydełek nie ulega zmianie przez cały czas wahań płaskich.

Zależnie od tego, jak ukształtuje się brzechwa pocisku w stosunku do poprzecznej płaszczyzny lotu, zmienia się jej wartość stabilizacyjna. Świadczy o tym przykład pocisku *M*, badanego raz przy poprzecznej płaszczyźnie lotu przechodzącej przez dwa skrzydełka (brzechwa jest 6-cio skrzydełkowa), drugi raz po przekątni.

Własności stabilizacyjne brzechwy w tych dwóch położeniach przedstawia rys. 10.

Widać. że własności stabilizacyjne brzechwy są znacznie większe przy położeniu skrzydełkowym niż przy przekątnym.

Głównie ulega zmianie punkt zaczepienia oporu powietrza brzechwy, gdyż przy położeniu przekątnym ramię stabilizacji skra-

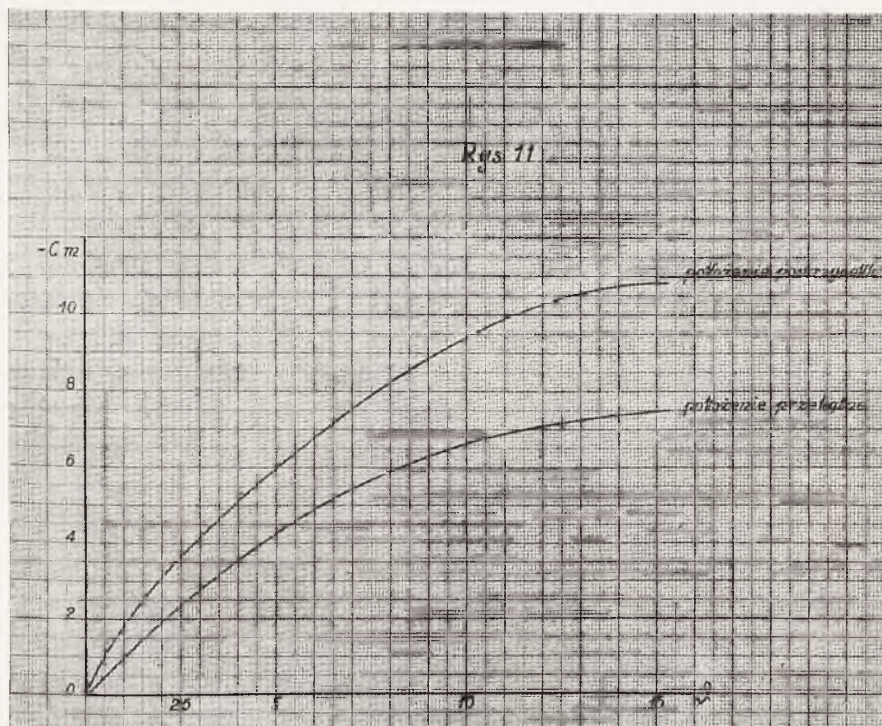

Rys. 10 a
Rys. 10 b
Rys. 10 c
Rys. 10 d
położenie poskrzyd.
położenie przekątne
położ. poskrzydełk.
położ. przekątne.

ca się o blisko 30% przy małych kątach pochylenia, a o przeszło 50% przy kącie 10^0.

Sama wartość stabilizacyjna B brzechwy nie ulega poważnej zmianie pomniejszając się o niecałe 2%, a przy większych kątach nawet zwiększając się nieznacznie.

Stosunek powiększeń kątowych też nie ulega zmianie jak również — zgodnie z powyższym — wielkość oporu powietrza.

Również i charakter krzywej $\overline{M}(\vartheta)$ nie ulega poważnemu zniekształceniu, choć wielkość jej zostaje zmniejszona o średnio 45%.



Tak samo zachowuje się i pocisk A_1, który będzie omawiany w rozdziale X niniejszej pracy. Jego przebieg momentu stabilizacyjnego przedstawia rys. 11. Widać z niego odrazu, co zresztą potwierdza dokładny rachunek, który tutaj pominę, że i przebieg wartości stabilizacyjnej brzechwy nie ulega zmianie, a zmniejszenie momentu wynika wyłącznie z przesunięcia się ramienia stabilizacyjnego do przodu.

Wartość stabilizacyjna brzechwy może więc być—przy dobrej jej konstrukcji[1])—prawie że niezależna od położenia brzechwy w stosunku do poprzecznej płaszczyzny lotu, natomiast położenie to wpływa bardzo znacznie na wielkość ramienia stabilizacji, przesuwając je przy położeniu przekątnym brzechwy silnie do przodu.

Rzecz ta ma bardzo duże znaczenie praktyczne, ponieważ przy pociskach wystrzeliwanych z lufy nie mamy na ogół możności wpływania na położenie pocisku w stosunku do płaszczyzny lotu.

Przy pociskach wypuszczanych z samolotu możemy co prawda starać się zawiesić je w taki sposób, ażeby poprzeczna płaszczyzna lotu przechodziła zawsze w stosunku do brzechwy w sposób najkorzystniejszy, niemniej jednak nie mamy pewności, że faktyczny ruch pocisku, który—jak to na wstępie wspominaliśmy—jest wahaniem eliptycznym, a nie płaskim, nie zmieni tego ustawienia pocisku w stosunku do płaszczyzny lotu.

Równocześnie wpływ wiatru może również zmienić poprzeczną płaszczyznę lotu.

Wszystkie te czynniki powodują, że nie mamy absolutnego wpływu na położenie pocisku w stosunku do poprzecznej płaszczyzny lotu i że skutkiem tego:

1) Przy badaniu pocisku musimy określić jego wartość stabilizacyjną brzechwy, a przede wszystkim ramię stabilizacji w położeniu najkorzystniejszym dla lotu, tj. położeniu przekątnym w stosunku do poprzecznej płaszczyzny lotu.

Jeżeli pocisk będzie prawidłowo ubrzechwiony w tym położeniu, to niewątpliwie tym bardziej ubrzechwienie jego będzie dobre w położeniu korzystniejszym; lot pocisku będzie więc prawidłowy w każdym położeniu.

2) Ponadto musimy dobierać takie typy brzechw, które wykazują możliwe małe różnice swych wartości stabilizacyjnych w zależności od położenia w stosunku do poprzecznej płaszczyzny lotu.

Jeżeli nie możemy stosować brzechw absolutnie symetrycznych, to w każdym razie dobrze zrobimy unikając brzechw silnie asymetrycznych, jak 2 i 3 skrzydełkowe i starając się budowę brzechwy uskutecznić w ten sposób, ażeby (np. przez boczne wypusty skrzydełek jak w brzechwie Stokesa-Brandta) opory poprzeczne w poło-

---

[1]) Zastrzeżenie to jest konieczne, jak to niżej przedstawię, omawiając wpływ ilości skrzydełek brzechwy na jej własności stabilizacyjne.

żeniu przekątnym nie różniły się zbytnio od położenia poskrzydełkowego.

Jak dalej się okaże, ten typ brzechwy przedstawia i inne cechy korzystne.

VII. Wpływ ilości skrzydełek brzechwy.

Jest rzeczą jasną, że opór brzechwy i jej wartość stabilizacyjna początkowo wzrastają wraz z ilością skrzydełek brzechwy. Wzrost ten jednak nie może być nieograniczony, inaczej bowiem brzechwa o nieskończonej ilości skrzydełek, a więc pełny walec, miałaby największą wartość stabilizacyjną, co oczywiście jest absurdem.

Istnieje więc granica, powyżej której nie opłaca się powiększać ilości skrzydełek. Wprost przeciwnie nawet, ostatnio daje się zauważyć tendencję zmniejszania ilości skrzydełek, a polepszania ich kształtu.

Pytanie, jaka ilość skrzydełek jest najkorzystniejsza, nie da się rozstrzygnąć teoretycznie. Jedynie pomiar aerodynamiczny może dać tutaj pewne wskazówki.

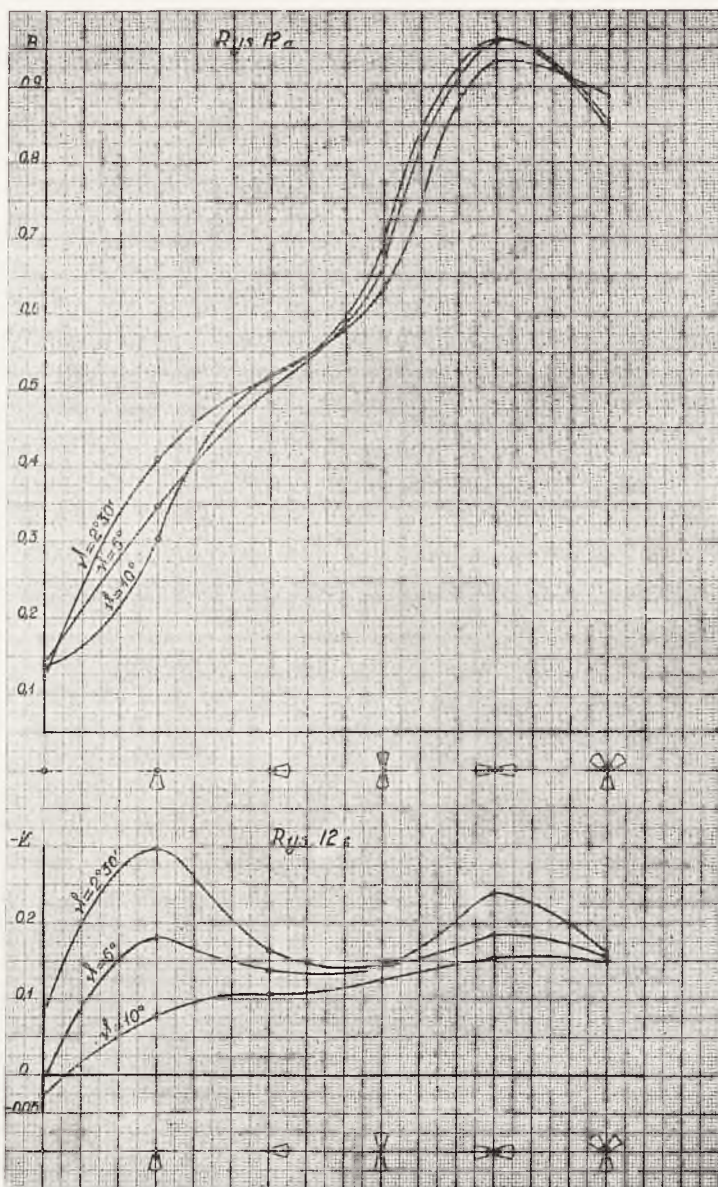
Ażeby w przybliżeniu przynajmniej przedstawić, jaki wpływ wywiera powiększenie lub pomniejszenie ilości skrzydełek w brzechwie, przytaczam poniżej kilka przykładów uskutecznionych w ten sposób, że dla poszczególnych pocisków zmniejszano kolejno ilości brzechw.

a) *Pocisk D.*

Jest to pocisk brzechwowy o brzechwie w postaci półłuków, a nie skrzydełek.

Wartość stabilizacyjną brzechwy i ramię stabilizacji w zależności od ilości i położenia brzechw przedstawia rys. 12. Widać z niego, że ilość dwu brzechw jest stanowczo niewystarczająca. Jakkolwiek bowiem w położeniu poskrzydełkowym wartość stabilizacyjna brzechwy i ramię stabilizacji są nawet lepsze niż w położeniu przekątnym przy trzech skrzydełkach, to jednak położenie przekątne dwu brzechwdaje wartość stabilizacyjną znacznie gorszą.

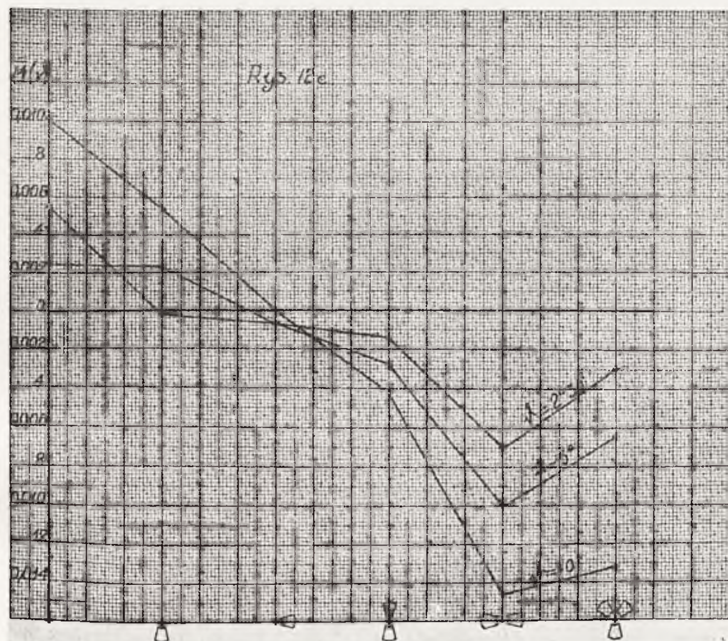
Widać tutaj również, że—wbrew niejednokrotnie wygłaszanym twierdzeniom—tuleja, nie tylko że nie jest czynnikiem stabilizacyjnym, ale wprost przeciwnie: psuje stabilizację pocisku.



Nie tylko bowiem wartość stabilizacyjna tulejki jest wręcz nikła, ale ponadto jej ramię stabilizacji jest dodatnie zamiast ujemnego (już przy kącie 5°), skutkiem czego tulejka, nie tylko że nie prze-

suwa momentu oporu powietrza do tyłu, ale wprost przeciwnie: pogarsza moment samego pocisku przesuwając go jeszcze do przodu.

Jak to widać na rys. 12, momenty oporu powietrza pocisku, zaopatrzonego w samą tuleję, są dodatnie zamiast ujemnych, skutkiem czego pocisk zaopatrzony tylko w tuleję musi koziołkować na torze.



Ten wpływ tulei jest charakterystyczny dla wszystkich tulejek.

Ogółem więc widać:

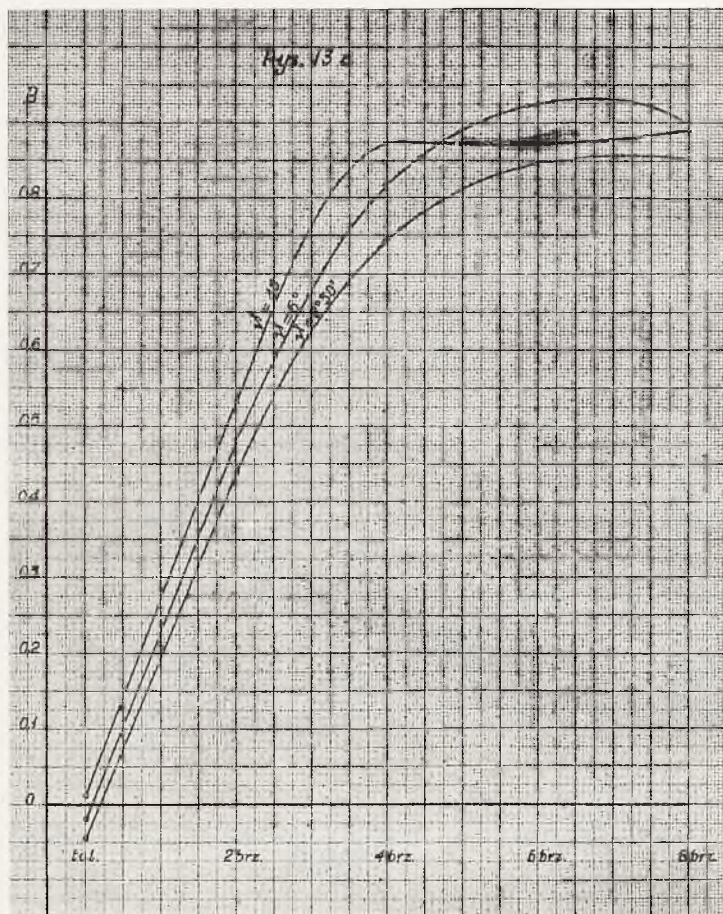
1. Tuleja pogarsza stabilizację pocisku.

2. Dodanie skrzydełek początkowo jedynie przeciwdziała ujemnemu wpływowi tulei, potem zaś dopiero zaczyna wywierać wpływ dodatni na stabilizację pocisku.

3. Ilość dwu skrzydełek typu tego, co w pocisku *D*, byłaby już wystarczająca dla zapewnienia należytej stabilizacji pociskowi, lecz większa liczba skrzydełek jest potrzebna dla zmniejszenia wpływu położenia brzechwy w stosunku do poprzecznej płaszczyzny lotu.

b) *Pocisk Stokesa wz. 24 z zapalnikiem długim.*

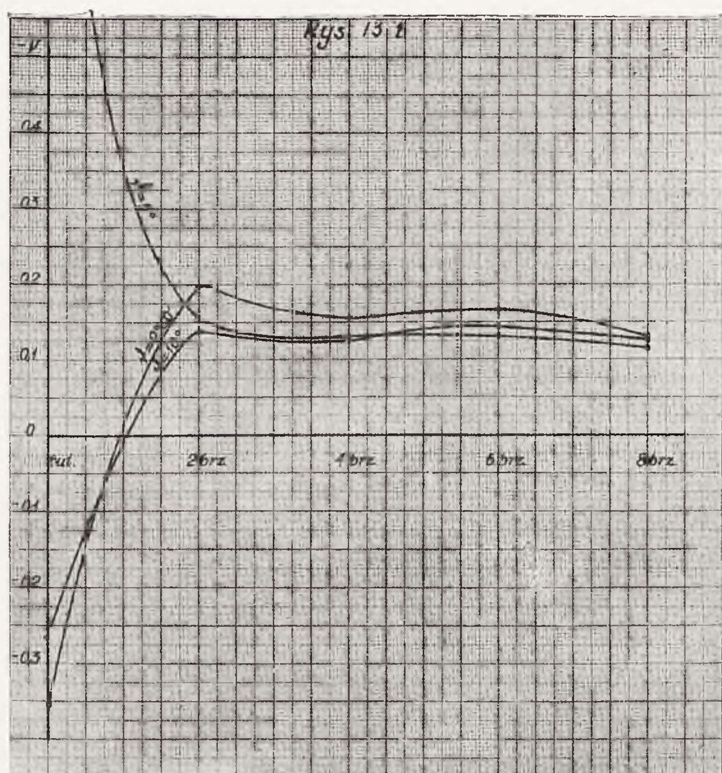
Pocisk ten zaopatrzony jest w osiem skrzydełek. Jego wartości stabilizacyjne przedstawia rys. 13.



Wykazuje on, że już cztery skrzydełka byłyby wystarczające dla zapewnienia należytej stabilizacji pocisku i że powiększenie skrzydełek do ośmiu nie wywiera prawie że żadnego wpływu na wartość stabilizacyjną brzechwy, a żadnego na ramię stabilizacji.

Oczywiście jednak (co już nie zostało wykazane na rys. 13) przy czterech skrzydełkach wpływ położenia brzechwy w stosunku do płaszczyzny lotu jest znacznie większy niż przy sześciu skrzydełkach.

Różnica natomiast między 6 i 8 skrzydełkami jest tak nieznaczna, że ostatnia czwarta para skrzydełek nie ma dużego praktycznego znaczenia.



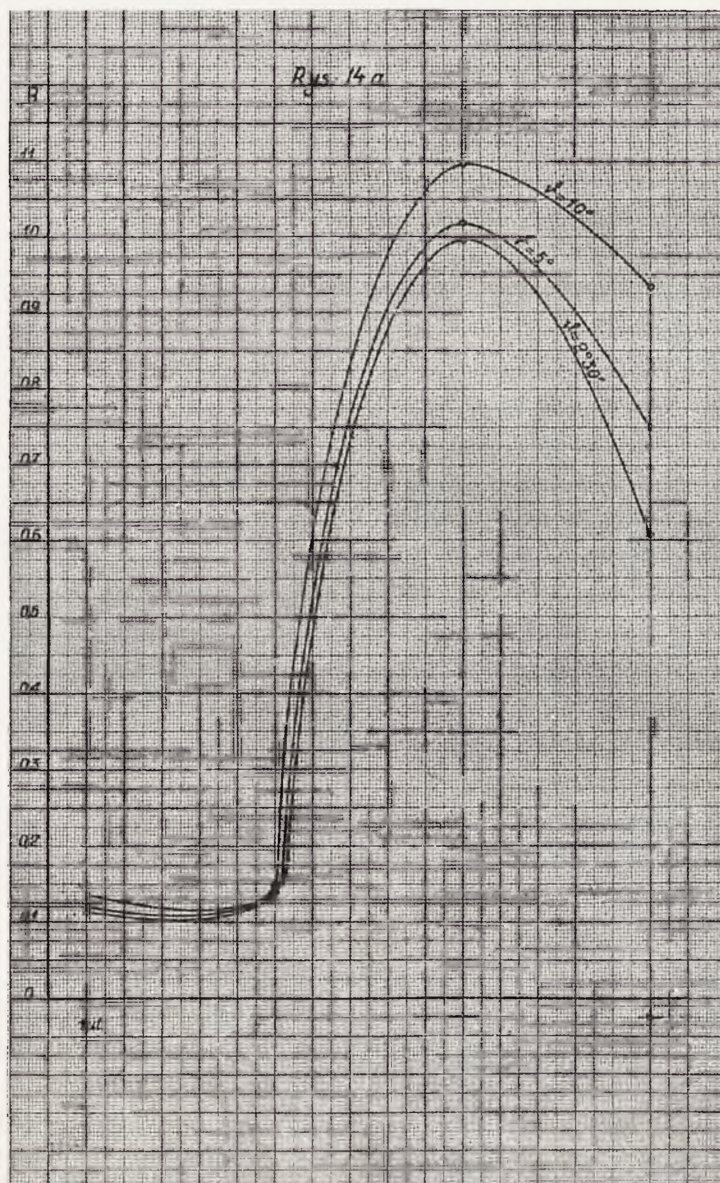
Rysunek 13 wykazuje ponadto silnie ujemny wpływ tulei, uwydatniający się w przeciwieństwie do pocisku *D* nie tylko dodatnią wartością ramienia stabilizacyjnego, ale nawet ujemną wartością stabilizacyjną brzechwy.

Oczywiście fizycznie ujemna wartość stabilizacyjna brzechwy nie ma sensu. Znaczy ona tylko, że wskutek interakcji tuleja przy położeniu bliskim osiowego działa w taki sposób, że powiększa opór pocisku i przesuwa jego punkt zaczepienia do przodu.

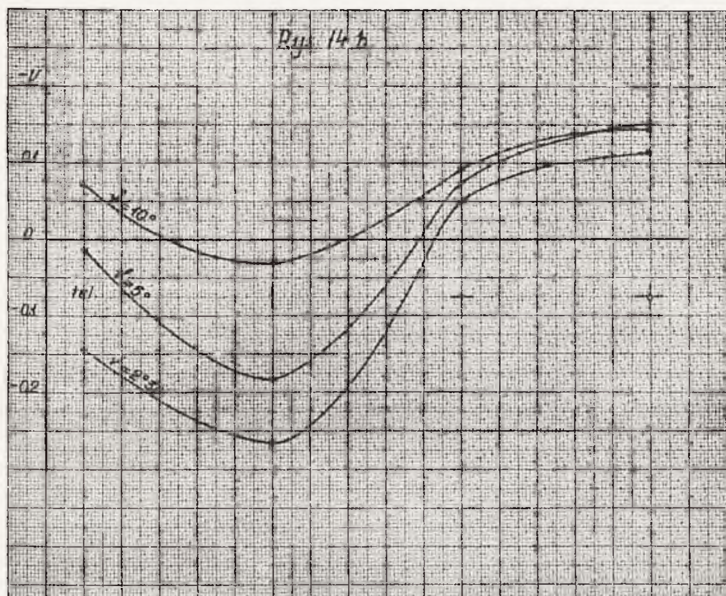
Odmienne zachowanie wykazuje jedynie ramię stabilizacji przy kącie 5°. Zjawisko tego rodzaju obserwowano już kilkakrotnie, dotychczas jednak nie udało się dla niego znaleźć wytłumaczenia.

c) *Stokes wz. 18.*

Jest to pocisk czteroskrzydełkowy o długich powierzchniach skrzydełek takich, że suma ich powierzchni jest prawie że równa powierzchni ośmiu skrzydełek brzechwy Stokesa wz. 24.



Wygląd wielkości stabilizacyjnych przedstawia rys. 14, który raz jeszcze potwierdza ujemny wpływ, jaki na lot pocisku wywiera tuleja. Tutaj wpływ ten jest może jeszcze bardziej widoczny ze względu na wielką jej długość.



Rzeczą bardzo ciekawą, jaką wykazuje ten pocisk, jest fakt, że dwa cienkie skrzydełka umieszczone prostopadle do poprzecznej płaszczyzny lotu nie tylko że nie polepszają wartości stabilizacyjnej brzechwy, ale nawet pogarszają jej ramię stabilizacji.

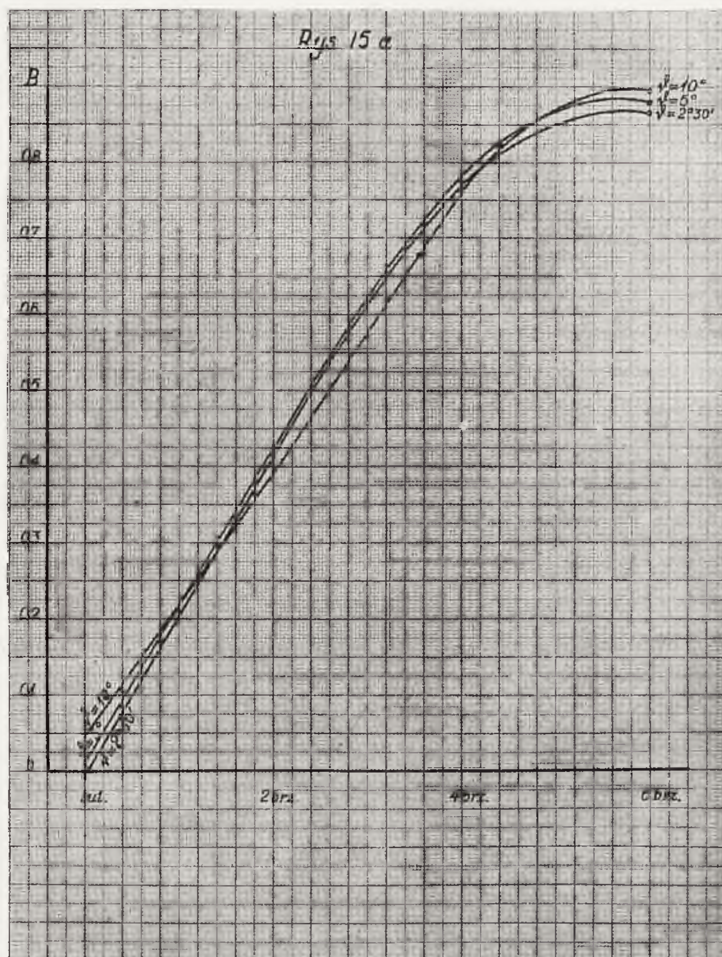
Natomiast dwa skrzydełka, umieszczone w poprzecznej płaszczyźnie lotu, posiadają dużą wartość stabilizacyjną, większą nawet niż wartość stabilizacyjna czterech skrzydełek w położeniu poprzecznym, tylko ramię stabilizacji jest nieco krótsze.

Widać więc, że przy parzystej ilości skrzydełek cztery skrzydełka stanowią minimum, poniżej którego nie można zejść. Widać równocześnie, że wartość stabilizacyjna tych czterech skrzydełek bardzo silnie maleje z kątem pochylenia pocisku, co wykazuje niejednokrotnie już podkreślaną słabą wartość stabilizacyjną tego typu brzechwy.

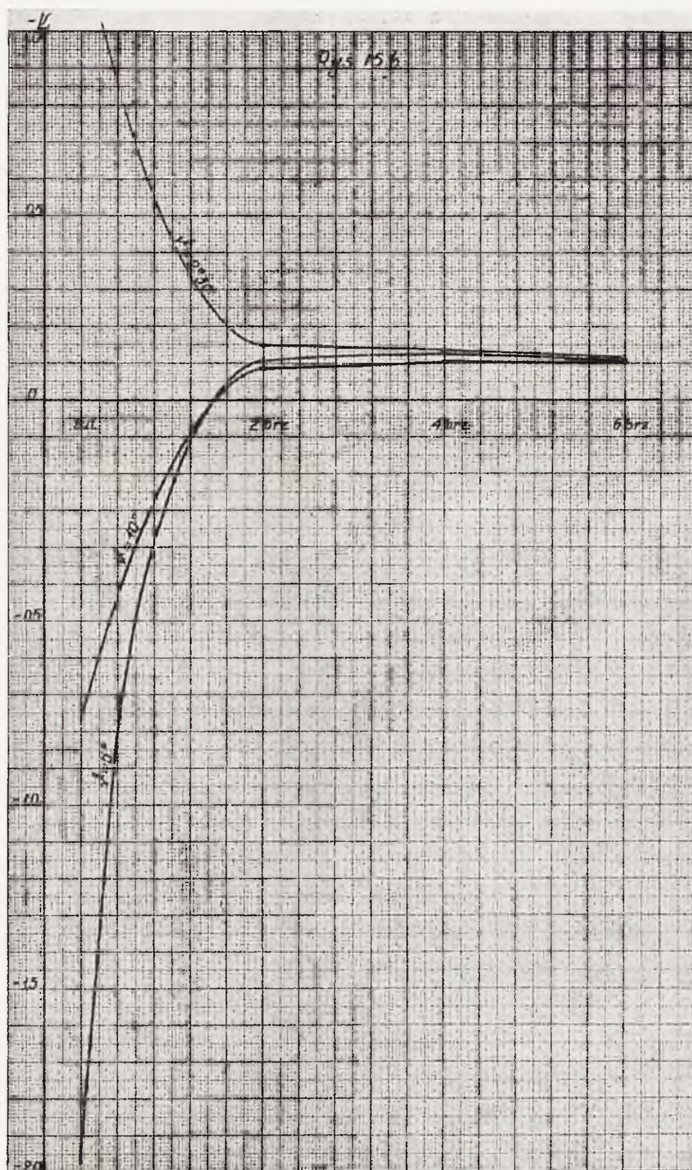
d) *Stokes-Brandt.*

Pocisk ten posiada brzechwę sześcioskrzydełkową z wypustami bocznymi.

Wartości stabilizacyjne tej brzechwy przedstawia rys. 15, gdzie wszystkie pomiary wykonane zostały dla przekątnego położenia w stosunku do poprzecznej płaszczyzny lotu.

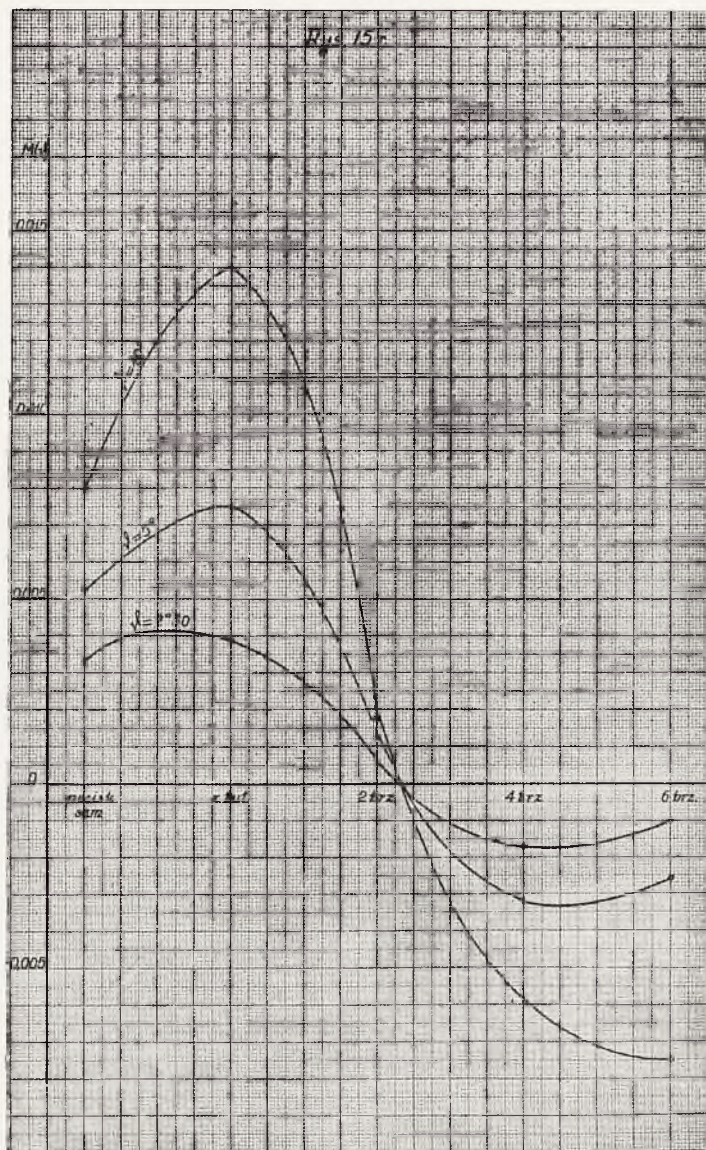


Rys. 15 wykazuje raz jeszcze ujemny wpływ tulei, co widać zresztą z tego, że dodatni moment oporu powietrza pocisku z tuleją jest nawet większy niż pocisku bez tulei. Znowu więc widać, że —



wbrew rozpowszechnionemu mniemaniu — tuleja, nie tylko, że nie jest czynnikiem stabilizacyjnym, ale jest nawet, jeśli się tak wolno wyrazić, czynnikiem przeciwstabilizacyjnym.

W miarę wzrostu ilości skrzydełek wartość stabilizacyjna



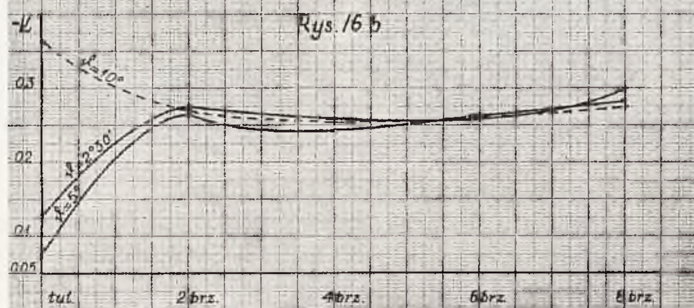
brzechwy rośnie, przy czym wzrost jej jest coraz łagodniejszy, tak że ilość sześciu skrzydełek stanowi optimum.

Ramię stabilizacji nie ulega zmianie już od dwóch skrzydełek począwszy, oczywiście przy położeniu przekątnym płaszczyzny lotu. Przy innych bowiem położeniach ramię ulega poważnym wahaniom, zwłaszcza przy dwóch skrzydełkach.

Widać tutaj, że przy sześciu skrzydełkach zarówno wartość stabilizacyjna jak i ramię stabilizacji są prawie że niezależne od kąta pochylenia pocisku, co świadczy o tym, że ten typ brzechwy jest bardzo korzystny.

Szczegółowa analiza tej budowy wykazuje, że jest ona typem o dużej wartości bezwzględnej współczynnika β i o współczynniku γ ujemnym.

Rys. 16 a



e) *Pocisk Stokesa wz. 24 z zapalnikiem krótkim przy szybkości 79,6 m/sek.* (rys. 16).

Jest to pocisk ośmioskrzydełkowy, identyczny z pociskiem opisanym wyżej pod b), różniący się jedynie zapalnikiem i szybkością, przy której wykonywano pomiary. Potwierdza on całkowicie wnioski wypowiedziane poprzednio o tym typie ubrzechwienia. Wykazuje ponadto, że przy tym typie zapalnika i przy tej szybkości dodanie ostatniej czwartej pary skrzydełek nawet nieco pogarsza wartość stabilizacyjną pocisku.

Wniosek ten oczywiście wymaga pewnej rezerwy, ponieważ rzecz to jest jeszcze w dużej mierze zależna od położenia brzechwy w stosunku do poprzecznej płaszczyzny lotu i przy innym położeniu brzechwy może ulec zmianie.

W każdym razie jednak widać ponownie, że ostatnia czwarta para skrzydełek nie daje dużej korzyści.

VIII. Wpływ zapalnika.

Ściśle rzecz biorąc nie wolno mówić o wpływie zapalnika na wartość stabilizacyjną brzechwy, ponieważ przy dobrze zbudowanym pocisku wpływ interakcji jest tak nieznaczny, że wartość stabilizacyjna brzechwy pozostaje, praktycznie rzecz biorąc, bez zmiany niezależnie od rodzaju zapalnika.

Jeżeli więc pomimo to wspominam o tym zagadnieniu w niniejszym artykule, to jedynie dlatego, że rodzaj użytego zapalnika zmienia dość poważnie opór i moment powietrza samego pocisku, skutkiem czego odbija się w sposób dość znaczny na własnościach stabilizacyjnych całego pocisku.

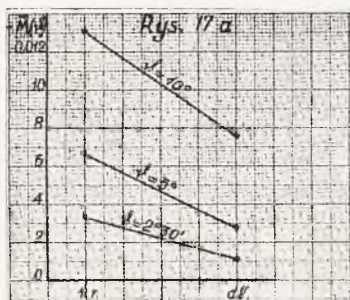
Z tego też względu uważałem za rzecz pożyteczną umieszczenie poniższych kilku uwag w charakterze niejako dygresji.

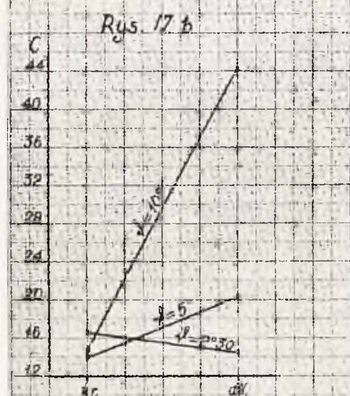
a) *Pocisk Stokesa wz. 24 z zapalnikiem długim i zapalnikiem krótkim.*

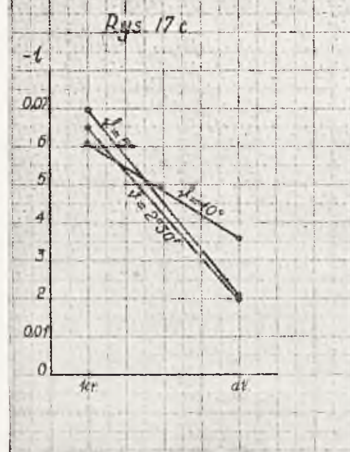
Jeżeli weźmiemy te dwie wielkości, które najbardziej charakteryzują własności stabilizacyjne pocisku, tj. czynnik momentu oporu powietrza (odniesiony oczywiście do środka ciężkości) $\overline{M}$ (ϑ) oraz ramię oporu powietrza, to zauważymy, że dłuższy zapalnik powoduje (rys. 17):

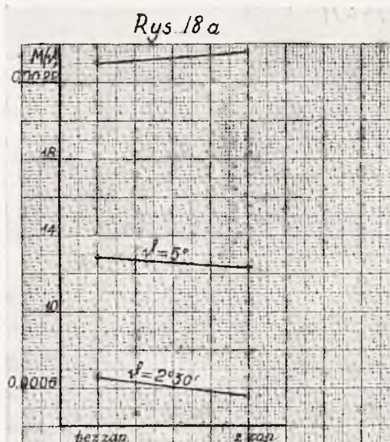
a) zmniejszenie momentu stabilizacyjnego,

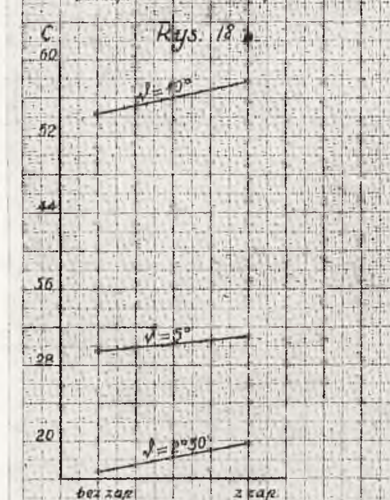
b) skrócenie ramienia oporu powietrza—jedno i drugie w stopniu dość znacznym.

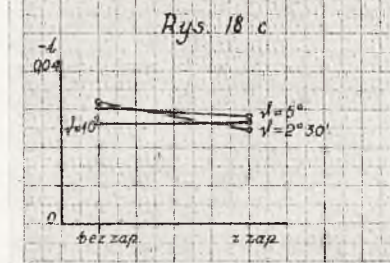












Ponadto należy zauważyć, że skutkiem skrócenia ramienia oporu powietrza funkcja charakterystyczna momentu oporu powietrza

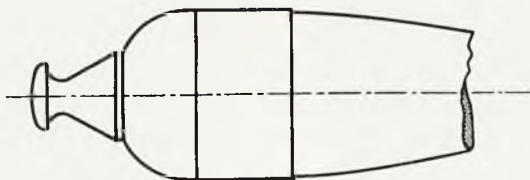
$N(\vartheta)$ lub proporcjonalna do niej funkcja $\overline{M}(\vartheta)$ — ma wyraz stopnia pierwszego zmniejszony prawie trzykrotnie.

Charakter krzywej zmienia się więc w ten sposób, że przy zapalniku długim pojawia się wyraz stopnia trzeciego, który jednak nie zdoła nawet przy dużym kącie zrównoważyć zmniejszenia się wyrazu stopnia pierwszego. Skutkiem tego warunki stabilizacyjne pocisku stają się znacznie gorsze przy zapalniku długim niż przy krótkim.

b) *Pocisk A z zapalnikiem i bez zapalnika.*

Porównanie tych dwóch pocisków (rys. 18) potwierdza poprzednie wnioski, chociaż już w mniejszym stopniu, a to prawdopodobnie dzięki korzystniejszemu ukształtowaniu się zapalnika w stosunku do całości pocisku.

Zapalnik bowiem zbudowany jest w taki sposób, że niejako zaokrągla przód pocisku, jak to schematycznie przedstawia rys. 19.



Rys. 19

Ale i tu widać wyraźne pogorszenie zwłaszcza ramienia oporu powietrza.

Ogółem więc widać, że dodanie zapalnika, zwłaszcza zapalnika długiego, działa w sposób niekorzystny na warunki stabilizacyjne pocisku i że wobec tego należałoby raczej przy konstrukcji starać się, jeżeli tylko inne warunki na to zezwalają, stosować zapalniki możliwie krótkie i — jeżeli to się da uskutecznić — o dobrych kształtach aerodynamicznych, tak jak to jest np. w pocisku A, gdzie dzięki dobremu kształtowi zapalnika, który niejako zakańcza w sposób korzystny przód pocisku, warunki stabilizacyjne nie uległy poważnej zmianie.

Co prawda wskutek tego zapalnika opór powietrza wzrósł o większy procent, niż to zachodziło przy granacie Stokesa wz. 24,

ale to powiększenie oporu powietrza zostaje—zwłaszcza przy małych szybkościach—z nawiązką skompensowane lepszą stabilizacją, a więc i prawidłowszym lotem pocisku.

IX. Rodzaj ubrzechwienia.

Jak z powyższych rozważań wynika, pocisk jest tym lepiej ubrzechwiony, im:

a) wartość stabilizacyjna brzechwy B jest większa,

b) ramię stabilizacji $Ł$ jest dłuższe.

Dużą wartość stabilizacyjną B może uzyskać pocisk bądź przez dużą wielkość oporu właściwego brzechwy R_b, bądź też dzięki dużemu stosunkowi powiększeń kątowych k_b.

Dla lotu pocisku znacznie korzystniejsza jest tu druga droga, tj. jeżeli dużą wartość stabilizacyjną B osiąga się właśnie przez dużą wielkość wyrazu k_b. Wtedy bowiem, pomimo małego oporu powietrza przy prawidłowym locie pocisku, uzyskuje się należytą jego stabilizację na torze.

Ponadto brzechwa jest wtedy korzystniejsza jeżeli:

c) Funkcja charakterystyczna momentu oporu powietrza $N(\vartheta)$ ma taki przebieg, że posiada możliwie dużą wartość (w stosunku do kąta ϑ) przy położeniu bliskim osiowego i jeżeli wraz ze wzrostem tego kąta funkcja $N(\vartheta)$ wzrasta w wartości bezwzględnej bardzo szybko.

Dla uzyskania tych cech korzystnych dla lotu pocisku lepiej jest szukać takiego typu ubrzechwienia, przy którym poprzeczny opór powietrza brzechwy jest większy niż jej opór styczny. Takie bowiem ukształtowanie brzechwy, gdzie wyraz R_{bs} nie ulega prawie że zupełnie zmianie ze wzrostem kąta ϑ, podczas gdy R_{bn} rośnie bardzo silnie z kątem ϑ, przynosi następujące korzyści:

1) Jeżeli R_{bs} jest nieduże (jednak nie za małe, ażeby wyraz pierwszego stopnia funkcji $N(\vartheta)$ nie był zbyt mały), w takim razie opór styczny pocisku jest stosunkowo nieduży, a przez to współczynnik balistyczny pocisku korzystny.

2) Wraz ze wzrostem

$$\frac{R_{bn}}{R_{bs}}$$

rośnie k_b, a więc przy tym samym R_b i $Ł$ rośnie N_b.

Jeżeli czynnik ten wzrasta bardzo szybko wraz z kątem ϑ, to

polepsza się bardzo znacznie wartość stabilizacyjna brzechwy i funkcji $N(\vartheta)$, a tym samym charakter przebiegu jej staje się bardzo korzystny.

3)

$$R_{\Sigma}^2 = \sqrt{R_{\Sigma s}^2 + R_{\Sigma n}^2} =$$

$$= \sqrt{R_{bs}^2 + R_{ps}^2 + R_{bn}^2 + R_{pn}^2 + 2\,(R_{bs}\,R_{ps} + R_{bn}\,R_{pn})} = \qquad (18)$$

$$= \sqrt{R_{b}^2 + R_{p}^2 + 2\,(R_{bs}\,R_{ps} + R_{bn}\,R_{pn})}.$$

Zauważmy, że R_{pn} jest stosunkowo małe. Im więc R_{bs} jest mniejsze w porównaniu do R_{bn}, tym wypadkowy wektor oporu powietrza jest miejszy przy tej samej wielkości wektora R_b.

Widać to zresztą również z rys. 1; w miarę bowiem wzrostu wektora R_{bn} w stosunku do R_{bs}, wektor R_b zawiera większy kąt z wektorem R_p, a więc wypadkowy opór powietrza maleje.

4) Wielkość k_{Σ} jest tym większa, im większy jest kąt γ_{Σ}, a więc im większy jest wyraz

$$\frac{R_{\Sigma n}}{R_{\Sigma s}} = \frac{R_{pn} + R_{bn}}{R_{ps} + R_{bs}}, \qquad (19)$$

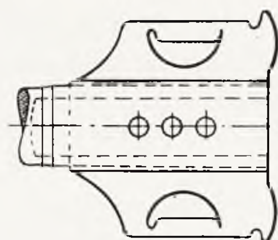
gdzie znów — wobec małej wartości wyrazu R_{pn} — decydującą rolę gra wielkość R_{bn} w stosunku do R_{bs}.

Ogółem więc biorąc wzrost R_{bn} w stosunku do R_{bs} działa korzystnie na lot pocisku, powodując wyraźne polepszenie warunków jego lotu. Świadczy o tym porównanie wartości stabilizacyjnych trzech brzechw: pocisku Stokesa wz. 18, wz. 24 i Stokesa-Brandta.

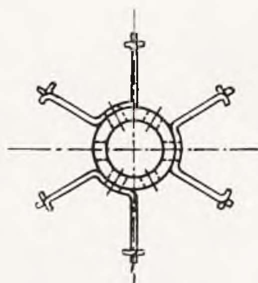
Brzechwa Stokesa wz. 18 (rys. 20) jest to czteroskrzydełkowa brzechwa o stosunkowo dużej długości, brzechwa wz. 24 ma osiem skrzydełek i długość znacznie mniejszą, brzechwa wreszcie Brandt'a ma długość prawie identyczną z brzechwą wz. 24, natomiast tylko sześć skrzydełek z wypustami bocznymi.

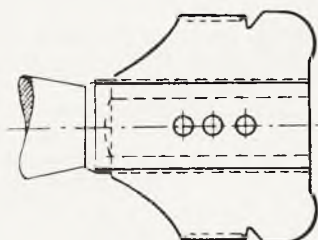
Brzechwy te mają własności stabilizacyjne przedstawione na rysunku 21.

Widać tu, że wartość stabilizacyjna brzechwy wz. 24 i Stokesa Brandta są prawie że jednakowe, przy czym brzechwa wz. 24 wykazuje nawet nieco lepszą wartość stabilizacyjną. Brzechwa Stokesa

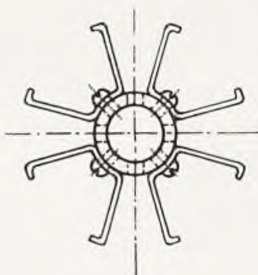


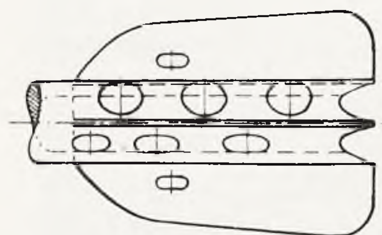
Brandt



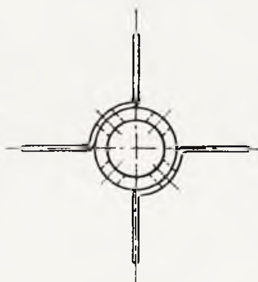


wz. 24





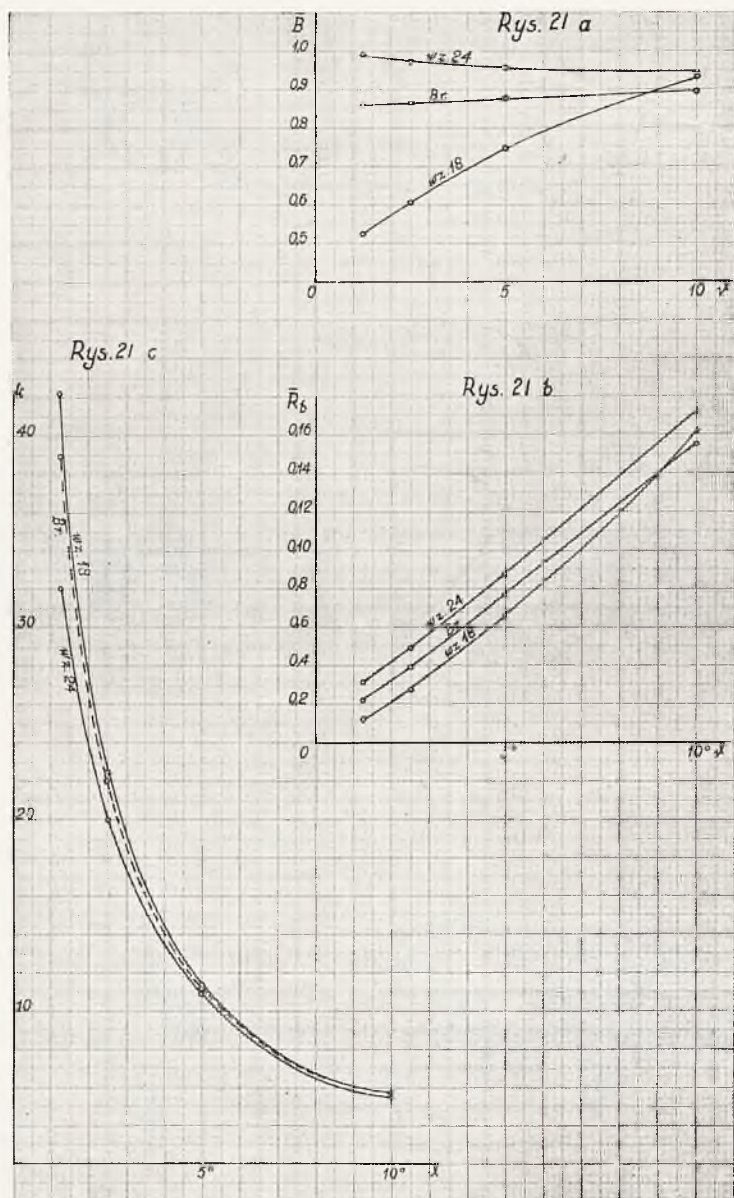
Stokes wz. 18



Rys. 20.

wz. 18 natomiast dorównuje swą wartością stabilizacyjną obu innym brzechwom dopiero przy kącie 10^0.

Dużą swą wartość stabilizacyjną uzyskuje brzechwa wz. 24 stosunkowo dużym oporem powietrza, większym niż opór powietrza



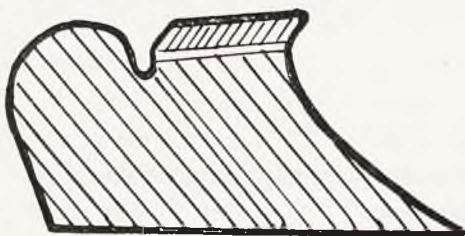
zarówno brzechwy Brandta, jak i wz. 18, podczas gdy obie inne brzechwy, a więc wz. 18 i Brandta przy mniejszym oporze powietrza uzyskują lepsze wartości stabilizacyjne dzięki dużemu stosunkowi powiększeń kątowych.

Ponieważ jednak malenie oporu powietrza przy osiowym położeniu pocisku jest w brzechwie wz. 18 bardzo silne, tak że przy bardzo małych kątach dochodzi ono prawie do zera, to też pomimo dobrego stosunku powiększeń kątowych warunki stabilizacyjne tej brzechwy są niekorzystne, jak to już niejednokrotnie wspominaliśmy.

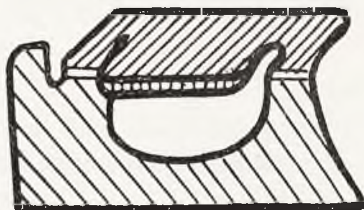
Trzy te typy brzechw wykazują ciekawe porównanie rozmaitych sposobów uzyskiwania ich wartości stabilizacyjnej.

Brzechwa wz. 18 swą wartość stabilizacyjną osiąga głównie dobrym stosunkiem powiększeń kątowych, jednak zbyt silne malenie oporu powietrza przy położeniu osiowym niweczy całkowicie dodatni wpływ tego czynnika.

Brzechwa wz. 24 ma stosunkowo duże opory powietrza przy położeniu osiowym, mniejszy natomiast stosunek powiększeń kątowych, skutkiem czego daje dobre warunki stabilizacyjne, lecz nieco większe opory.



wz. 24.



Brandt.

Brzechwa wreszcie Brandta leży niejako pośrodku. Jej opór powietrza, zwłaszcza przy małych kątach, jest mniejszy niż brzechwy wz. 24, za to duży stosunek powiększeń kątowych wyrównuje ten czynnik, czyniąc jej wartość stabilizacyjną prawie że równą brzechwie wz. 24, a w praktyce niemal że indentyczną.

Drogę więc, jaką przeszła konstrukcja brzechwy Brandta, należy uznać za najkorzystniejszą.

Potwierdza się więc raz jeszcze to, co mówiliśmy omawiając pocisk A z wydłużonymi brzechwami, że nie w długości brzechwy, ale raczej w jej ukształtowaniu poprzecznym należy szukać właściwych wartości ubrzechwień.

Dlatego też przy badaniu poszczególnych typów brzechw dobrze jest zwrócić uwagę na stosunek poprzecznego oporu brzechwy do jej oporu poosiowego.

Trudno tutaj dawać jakieś wskazania konkretne, brak bowiem dotąd jeszcze danych, któreby w dostateczny sposób przedstawiały zależność między poszczególnymi płaszczyznami brzechwy a jej własnościami aerodynamicznymi.

Należy jednak zwrócić uwagę na pewną ciekawą próbę, jaka się ostatnio w tej dziedzinie pojawiła. Jest nią mianowicie tzw. wydłużony pocisk Brandta. Brzechwa tego pocisku ma tę charakterystyczną cechę, że poszczególne jej skrzydełka w czasie lotu pocisku wychodzą poza kaliber pocisku, stwarzając—dzięki cienkości swych przekrojów — przy położeniu osiowym stosunkowo nieduże opory, powiększając jednak ten opór znacznie już przy nieznacznym pochyleniu pocisku, a to na skutek dużej stosunkowo powierzchni skrzydełek.

Dużą celność tego pocisku, jaką daje literatura, [1]) należy prawdopodobnie przypisać tej bardzo ciekawej konstrukcji jego brzechwy.

X. Stabilizacja pocisku brzechwowego przy szybkości większej od szybkości głosu. [2])

a) Rozwiązania teoretyczne.

Dotychczas stosowane pociski brzechwowe były badane wyłącznie przy szybkościach mniejszych od szybkości głosu.

Zagadnienie stabilizacji przy szybkości większej od głosu dla tych pocisków nie było—o ile mi wiadomo—dotychczas poruszane.

---

[1]) E. C. Goebert „An Effective Trench Mortar„ *Army Ordnance* tom XIII Nr 77. str. 281 i nast.

[2]) Praca opisana w tym rozdziale została wykonana pod moim kierunkiem, początkowo jako praca przejściowa p. Edwarda Steckego, słuchacza Sekcji Uzbrojenia Politechniki Warszawskiej, następnie uzupełniona pomiarami, które w Laboratorium Balistycznym Politechniki Warszawskiej dokonał p. inż. Marian Ziębiński, st. asystent Zakładu Balistyki Politechniki Warszawskiej. Obie te prace służyły mi za podstawę przy opracowaniu niniejszego rozdziału.

Istotnie bowiem pytanie, czy pocisk brzechwowy będzie się stabilizował przy szybkościach większych od głosu — nie jest bynajmniej tak oczywistym do rozstrzygnięcia.

Zwiększenie szybkości pocisku ponad szybkość głosu pociąga za sobą pewne niedogodności z punktu stabilizacji pocisków brzechwowych, a mianowicie:

1) Przede wszystkim wytworzona przez pocisk fala balistyczna i z tym związane znaczne ciśnienie powietrza na przednią część pocisku powodują silne przesunięcie się wektora oporu powietrza pocisku do przodu, a przez to i wzrost wartości momentu tego oporu w stosunku do środka ciężkości.

W wyrazie więc

$$N_{\Sigma} = N_p + N_b$$

wyraz N_p staje się duży i zachodzi pytanie, czy wartość ujemna momentu N_b zdoła przeważyć wartość dodatnią wyrazu N_p i czy tym samym wyraz wypadkowy N_{Σ} będzie ujemny, a jeśli nawet tak będzie, to czy w tym wypadku wielkość jego będzie dostateczna dla zapewnienia pociskowi należytej stabilizacji.

2) Po przekroczeniu szybkości około 400 m/sek pojawia się za pociskiem próżnia lub prawie że próżnia, a to skutkiem tego, że szybkość spływu powietrza do próżni staje się mniejsza niż szybkość lotu pocisku.

Próżnia ta może spowodować, że znaczna część brzechwy znajdzie się w cieniu aerodynamicznym pocisku, skutkiem czego zmniejszy się wartość stabilizacyjna pocisku, a tym samym i wartość wyrazu N_b.

Oba te czynniki razem wzięte działają niekorzystnie na warunki stabilizacyjne pocisku, muszą więc nasuwać wątpliwość, czy pocisk brzechwowy zdoła się ustabilizować przy szybkościach większych od głosu.

Drugi czynnik, tj. rozrzedzenie bliskie próżni za pociskiem daje się częściowo eliminować przez odpowiednią konstrukcję pocisku, tj. przez takie jej ukształtowanie, ażeby brzechwa znalazła się poza przestrzenią rozrzedzenia bliskiego próżni, wytworzonego przez pocisk.

Przestrzeń tę dość łatwo obliczyć.

Jeżeli przez v_b oznaczymy szybkość spływu powietrza do pró-

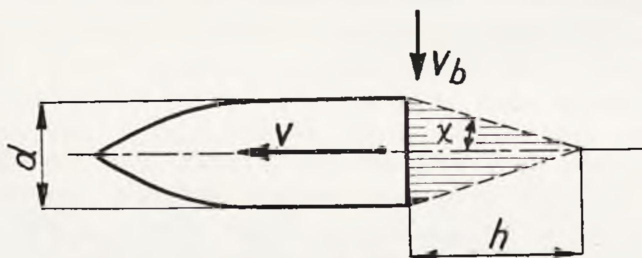
żni (wynoszącą prawie że dokładnie 400 m/sek), a przez v szybkość pocisku, w takim razie, jak to łatwo widać z rys. 22, kąt wierzchołkowy stożka rozrzedzenia za pociskiem χ wynosić będzie

$$tg\ \chi = \frac{v_b}{v}$$

a wysokość stożka rozrzedzenia

$$h = \frac{v\ a}{2\ v_b},$$

gdzie a jest kalibrem pocisku.

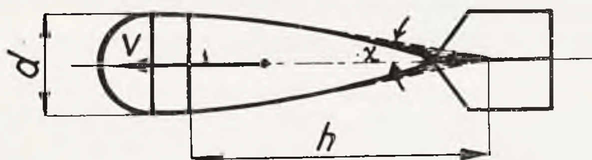


Rys. 22.

Obliczenie to daje następujące wielkości:

Przy szybkości 700 m/sek wysokość stożka rozrzedzenia wynosi 0,88 a.

Przy szybkości 500 m/sek — 0,62 a.



Rys. 23.

Poza tą przestrzenią brzechwa więc podlega już co najmniej normalnemu działaniu oporu powietrza, przy czym jest rzeczą prawdopodobną, że działanie oporu powietrza jest tutaj nawet może i większe niż przy szybkościach mniejszych od głosu, a to dzięki silnemu wpływowi strug dążących do wypełnienia próżni za pociskiem.

Jeżeli więc skonstruować pocisk w ten sposób, że skrzydełka

brzechwy znajdą się całkiem poza strefą rozrzedzeń wytworzonych przez najmniejszy przekrój pocisku (rys. 23), w takim razie wolno się spodziewać, że trudność wynikająca z istnienia rozrzedzeń za pociskiem zostanie całkowicie usunięta.

Natomiast pytanie, czy zdoła się zrównoważyć wpływ zwiększonego ciśnienia na przód pocisku, nie daje się rozstrzygnąć na drodze teoretycznej i wymaga odpowiedzi na jedynie właściwej drodze, jaką jest doświadczenie.

b) Broń i pociski użyte do prób.

Celem przeprowadzenia tego doświadczenia przy możliwie najmniejszym koszcie i w warunkach, któreby zezwoliły nie krępować się zbytnio ilością potrzebnych do próby strzałów, postanowiono wykonać badanie przy pomocy pocisku o możliwie najmniejszym kalibrze.

W tym celu zatrzymano się na najniższym kalibrze broni myśliwskiej śrutowej, dla jakiej można było jeszcze w handlu nabyć łuski.

Ponieważ normalna śrutowa strzelba myśliwska dla tego kalibru dostosowana jest do ciśnień nie przekraczających zbytnio 600 do 800 kg/cm², podczas gdy dla celów próby niewątpliwie ciśnienie to należałoby znacznie przekroczyć, to też nie można było posługiwać się normalną strzelbą myśliwską kalibru 36 (zwanego niekiedy też 410) [1]).

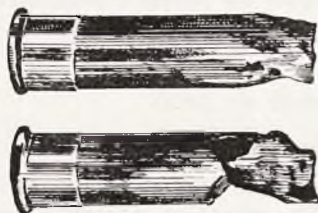
Ażeby uniknąć tej trudności, zakupiono kb. tarczowy firmy Francotte na kaliber 7,9 o lufie, jak zwykle przy broni tarczowej, dużej grubości, po czym lufę tę przewiercono na kaliber myśliwski 36, tj. na średnicę 10,4 mm [2]), dzięki czemu otrzymano gładki przewód przy zupełnie dostatecznej grubości lufy, jak to zresztą potwierdziło doświadczenie. Wygląd przewodu lufy podaje rys. 24.

Jako łuski stosowano łuski myśliwskie tekturowe kalibru 36. Łuski te, nie obliczone na tak znaczne ciśnienia, przeważnie pękały podczas strzelania, jak to przedstawia rys. 25, podający widok łusek po strzelaniu, wskutek czego obserwowano podczas prób dość znaczny rozrzut szybkości początkowych.

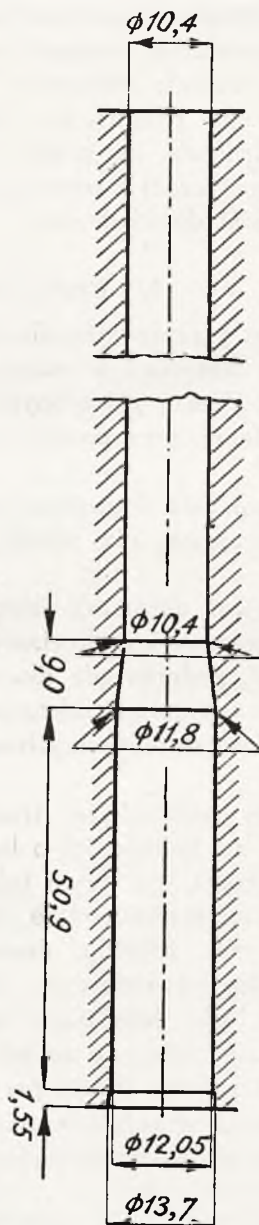
---

[1]) Albert Preuss. „Jagdwaffen". J. Neumann-Neudamm 1930 r., str. 33.

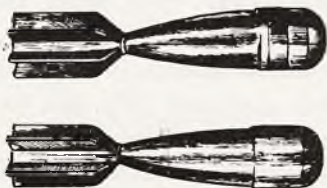
[2]) Pracę przewiercenia dokonała wzorowo i w bardzo krótkim czasie Fabryka Karabinów w Warszawie, pomimo niespodziewanych trudności, jakie to przewiercenie za sobą pociągnęło, za co na tym miejscu składam najgorętsze podziękowanie pp. dyr. inż. Skrzypińskiemu, dyr. inż. Karczewskiemu i inż. Przybyłowskiemu.



Rys. 25.



Rys. 24.



Rys. 26.

Dzięki temu jednak, że karabin miał zamek blokowy, pękanie łusek nie było niebezpieczne dla obsługi. Ponieważ zaś wykonanie łusek mosiężnych pociągnęłoby za sobą dość znaczne koszty i wy-

magałoby dłuższego czasu, zatrzymano się na łuskach tekturowych, zwłaszcza że mimo dość znacznego rozrzutu szybkości, wyniki pomiarów dawały zupełnie dobrą odpowiedź na pytanie, które stanowiło właściwy cel doświadczenia.

Jako pocisk obrano pocisk będący prawie dosłownie pomniejszeniem wspomnianego już w poprzednich rozdziałach pocisku A, a to z tego względu, że pocisk ten wydawał się najdogodniejszym dla tej pracy, ze względu na bardzo korzystny przebieg tylnej jego części.

Pocisk ten zmniejszono do kalibru 10,3 mm, zachowując luz 0,1 mm między pociskiem a lufą. Wygląd pocisku przedstawia rys. 26, rysunek z wymiarami rys. 27 w skali 2:1.

Pociski te wykonano z miękkiej stali, ponieważ tego rodzaju wykonanie było najłatwiejsze. Wykonała je firma G e r l a c h i S-ka w sposób pod każdym względem wzorowy. Ciężar pocisku wynosił 18 ± 0,15 g.

Początkowo dla wystrzeliwania pocisku próbowano stosować, jak to się czyni normalnie przy ładunkach myśliwskich śrutowych, przybitki tekturowe lub wojłokowe.

Okazało się jednak, że przybitki te wbijają się przy znacznych ciśnieniach, z jakimi tu mieliśmy do czynienia, w brzechwę pocisku powodując zupełnie wadliwy lot pocisku, a nawet koziołkowanie. Wobec tego zaniechano przybitek, a łuski zaklejono cienką bibułką dla zapobiegania wysypywaniu się prochu. Ten sposób okazał się zupełnie dobry.

Jako prochem posługiwano się prochem myśliwskim „Sokół" wyrobu *P. W. P. w Pionkach* [1]).

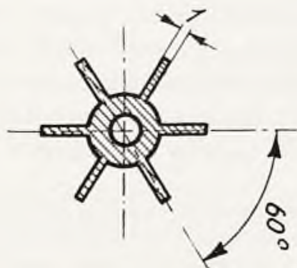
Tak żywy proch był konieczny, ponieważ zupełny brak ubrzechwienia wykluczał stosowanie prochów bardziej łagodnych jak np. karabinowy. Dopiero zastosowanie opierścienia dla specjalnych celów, jak o tym będzie mowa dalej, pozwoliło w tym wyjątkowym wypadku zastosować proch karabinowy.

Wskutek dużego luzu między pociskiem a lufą, kąty pochylenia pocisku na torze bywały dość znaczne, sięgając w niektórych, nielicznych zresztą wypadkach, nawet do 12^0. Był to jednak wypadek wyjątkowy. Przeważnie pochylenia wyniosły około 5^0 do 6^0.

Nie było to zresztą szkodliwe dla celu prób. Wprost przeciw-

---

[1]) Proch ten został mi zupełnie bezinteresownie dostarczony przez P. W. P. w Pionkach, za co na tym miejscu składam serdeczne podziękowanie pp. d y r. i n ż. dr J a n o w i P r o t o w i i d y r. i n ż. M a r k i e w i c z o w i.



Przekrój m-n

Rys. 27.

nie, kiedy nawet znaleziono sposób na zmniejszenie tego kąta, to i wtedy nie zastosowano go dla większości prób. Duże bowiem pochylenia pocisku na torze sprzyjały dokładności pomiarów wahań na torze, były więc czynnikiem sprzyjającym badaniom, zupełnie w taki sam sposób, jak dla badania wielkości charakterystycznych momentów oporu powietrza przy pociskach gwintowanych stosuje się lufy o gwintach nieco mniejszych, niż tego wymaga dobra stabilizacja pocisku [1]).

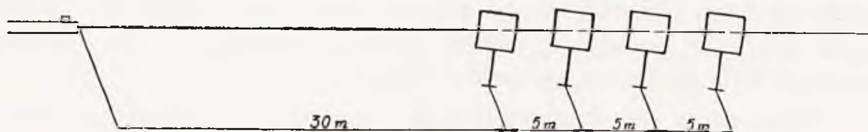
Pomimo to jednak przebicia na tarczach zarówno na 50 m jak i na 200 m były na ogół zupełnie okrągłe z owalnością, nie przekraczającą wspomnianego wyżej pochylenia pocisku na torze.

Na około 500 danych strzałach nie stwierdzono ani jednego wypadku koziołkowania pocisku.

c) Sposób badania stabilizacji.

Celem ustalenia stabilizacji pocisków zastosowano metodę ekranów.

Ustawiając mianowicie szereg ekranów (rys. 28) ściśle pionowo i prostopadle do kierunku strzału, oznaczało się na każdym ekranie ślady przebić pocisków (rys. 29). Materjał tarczy był tak dobrany, ażeby ślad pocisku był możliwie jak najostrzejszy.



Rys. 28.

Odczytanie kąta pochylenia ϑ nie przedstawia żadnej trudności, wystarczy bowiem odczytać średnicę śladu i na tej zasadzie określić kąt pochylenia pocisku, jak to przedstawia rys. 30.

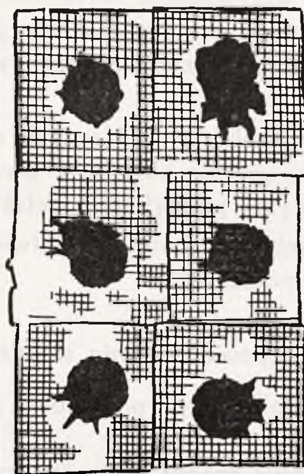
Związek między największą średnicą śladu a kątem pochylenia przedstawia rys. 31.

Ze względu na to, że na tarczy znać również i kierunek brzechwy, możnaby było określić również i kąt, jaki zawiera oś pocisku z płaszczyzną strzału. Ponieważ jednak ograniczono się tutaj do rozpatrywania wyłącznie płaskich wahań, to też mierzono jedynie kąt ϑ.

---

[1]) Fowler, Gallop, Lock i Richmond „Aérodynamique d'un projectile tournant". *Mémorial de l'Artillerie Française* t. I. 1922.

Mając szereg śladów na tarczach, uzyskuje się szereg wielkości kąta ϑ w funkcji drogi L lub też w funkcji czasu, jeżeli znaną jest szybkość lotu pocisku i jej spadek na torze. Ten ostatni czynnik na ogół może być pominięty.



Rys. 29.

Szereg punktów kąta pochylenia w funkcji drogi zezwala na ustalenie drogi okresu jednego wahania (rys. 32), a stąd, ze znanej szybkości lotu pocisku v, okresu jednego wahania T. Ta ostatnia wielkość była podstawą dalszych obliczeń.

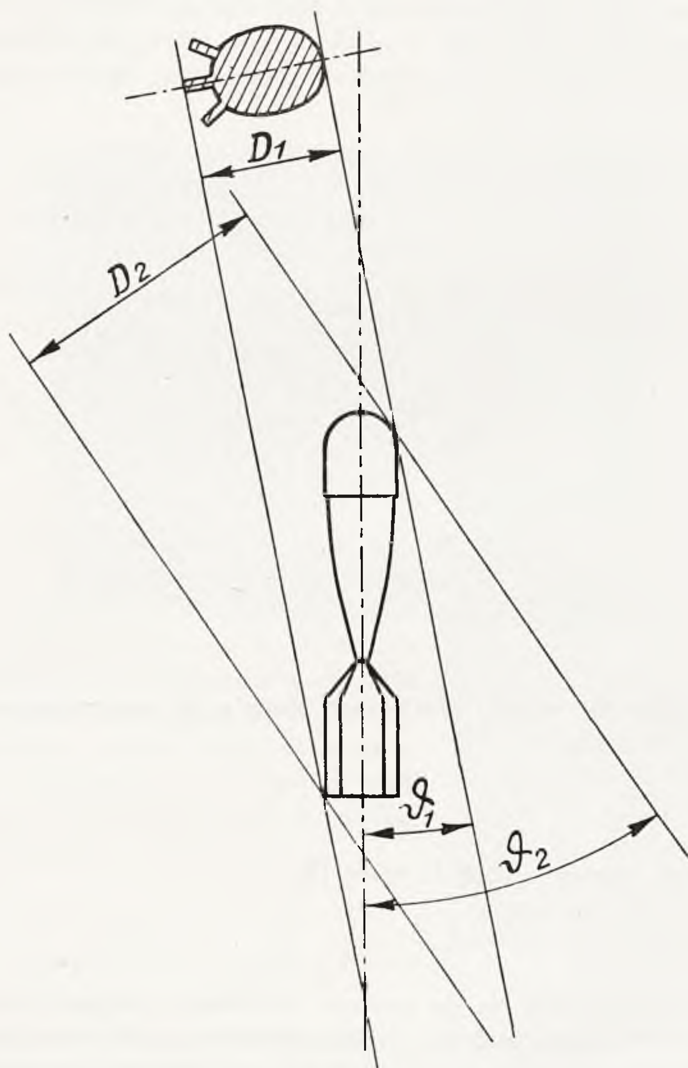
Oczywiście dla dokładniejszego przedstawienia przebiegu funkcji $\vartheta = f(t)$, konieczne jest dobre ustawienie ekranów, ażeby z jednej strony nie zniekształcać lotu pocisku przez zbyt dużą liczbę ekranów (w żadnym razie nie ponad 10, a najlepiej 7 ekranów), a równocześnie rozstawić je w ten sposób, ażeby uzyskiwane punkty możliwie dokładnie zakreślały przebieg funkcji

$$\vartheta = f(t).$$

Już sam charakter tej funkcji, przedstawiony na rys. 32, wskazuje wyraźnie na to, że mamy do czynienia z lotem ustabilizowanym.

Gdyby bowiem funkcja $N(\vartheta)$ była dodatnia, a nie ujemna, nie mielibyśmy do czynienia, jak w danym wypadku z krzywą o charakterze sinusoidy, lecz musielibyśmy uzyskać krzywą wykładniczą, a więc taką, przy której kąt pochylenia rośnie wraz z czasem.

Tak więc charakter krzywej pochylenia w funkcji czasu jak i fakt, że żaden z badanych pocisków nie koziołkował, pomimo iż szybkości strzelania przekraczały 500 m/sek, świadczy o tym, że

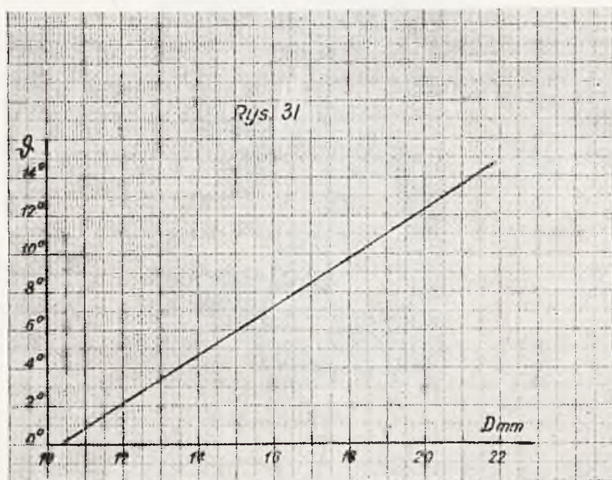


Rys. 30.

pomimo znacznego przekroczenia szybkości głosu mamy wciąż jeszcze do czynienia z lotem ustabilizowanym.

Tym samym więc pocisk ten podlega prawom, które przedsta-

wiłem w poprzednich pracach „Ruch I" i „Ruch II". Dokładna jego analiza wymagałaby ścisłego zastosowania tam wyprowadzonych wzorów. Ze względu jednak na to, że zbyt duża szczupłość pomiarów i trudności oraz koszty związane z nimi nie pozwalają na dokładne przedstawienie przebiegu funkcji $N(\vartheta)$ w zależności od szybkości lotu, to też posłużono się założeniem prostszym, ograniczając roz-



winięcie $N(\vartheta)$ do wyrazu pierwszego stopnia, tj. przyjmując w pierwszym przybliżeniu, że

$$\frac{d^2\vartheta}{dt^2} = \beta\,\vartheta \tag{20}$$

gdzie, jak w pracy „Ruch I" wzór (5)

$$\beta = \frac{D}{A}\,.$$ [1]

To ograniczenie się do wyrazu pierwszego stopnia nie odpowiada ściśle rzeczywistości, jednakowoż w sposób przedstawiony poniżej daje się częściowo uwzględnić przy wykorzystaniu pomiarów praktycznych.

Jeżeli więc opuścimy wyraz trzeciego stopnia, w takim razie otrzymamy równanie na kąt pochylenia

---

[1] Znaczenie tych oznaczeń ob. „Ruch I" str. 308.

$$\vartheta = \alpha \sin \sqrt{-\frac{D}{A}}\, t, \qquad (21)$$

którego okres wahań wyraża się wzorem

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{-\frac{D}{A}}}. \qquad (22)$$

Jeżeli znamy wielkości momentu bezwładności A i okresu wahań T, to możemy znaleźć wartość współczynnika

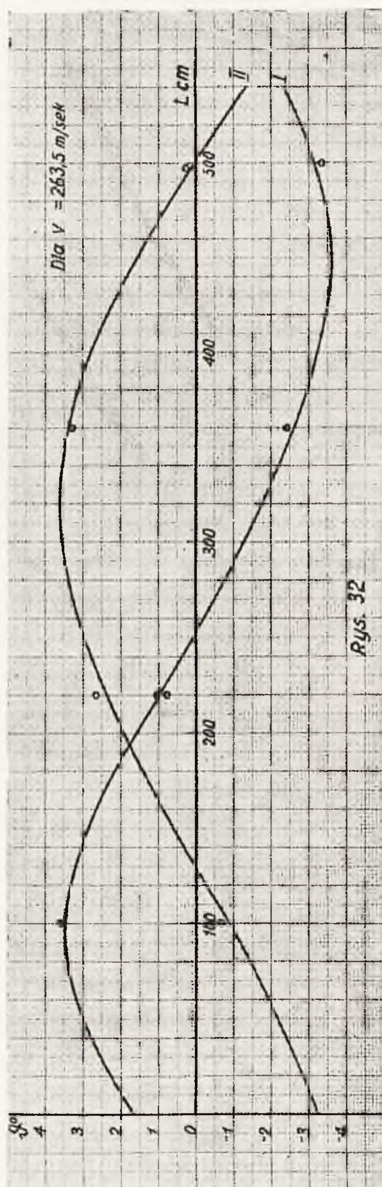
$$D = \frac{N(\vartheta)}{\vartheta} = R\ l\ k \qquad (23)$$ [1])

Zgodnie z oznaczeniami pracy „Ruch I" wyraz ten oznaczę przez M.

$$M = R\ l\ k. \qquad (23a)$$

Jeżeli mamy obliczone M, to, znając wartość R, możemy znaleźć wielkość $l\ k$.

Ściśle rzecz biorąc, wartość oporu powietrza R jest zależna od kąta pochylenia, a nie tylko od szybkości, co stwarza pewną trudność w ustaleniu wyników badań. Sposób ominięcia tej trudności będzie przedstawiony poniżej.



Rys. 32

d) Prace wykonane.

Dla obliczenia ramienia oporu powietrza należy uprzednio:

a) Określić związek między szybkością pocisku a ładunkiem prochu.

b) Znaleźć współczynnik balistyczny pocisku.

c) Określić jego własności aerodynamiczne w zależności od kąta pochylenia.

---

[1]) Ob. „Ruch I" wzór (3).

α) *Ustalenie szybkości.*

Przebieg ustalenia związku między ładunkiem a szybkością pocisku nie przedstawia niczego ciekawego. Należy tylko zauważyć, że — jak to już poprzednio wspomniano — rozrzuty szybkości były dość znaczne, dochodzące do 6% szybkości przy szybkościach małych, a 3% szybkości przy szybkościach dużych.

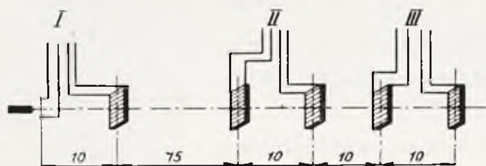
Jak jednak poprzednio wspomniano, czynnik ten nie odegrał poważnej roli w całokształcie prób.

β) *Określenie współczynnika balistycznego pocisku.*

Dla obliczenia współczynnika balistycznego posługiwano się prawem oporu powietrza *Siacci III* i tegoż funkcją *D(u)*.

Ponieważ jednak spadek szybkości określono przy kilku szybkościach, więc wybór prawa oporu powietrza nie gra dużej roli.

Szybkość mierzono w trzech punktach w odległości 5 m, 30 m i 50 m od wylotu, posługując się równocześnis 3-ma aparatami Boulengé. Przestrzeń pomiaru wynosiła 10 m. Schemat pomiaru przedstawia rys. 33.



Rys. 33.

Pomierzone szybkości naniesiono na wykres (rys. 34), który wykazuje, że spadek szybkości jest prawie że prostolinijny.

Z pomiarów otrzymano:

Dla $v_0 = 485$ m/sek: $c = 5{,}68$.

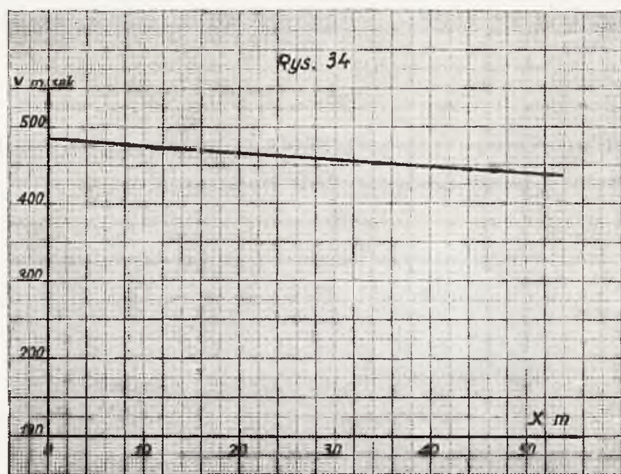
Dla $v_0 = 263{,}5$ m/sek: $c = 4{,}1$.

Jest to współczynnik stosunkowo duży, ponieważ np. pocisk karabinowy, kształtu *S* kal. 7,9 mm (średnica 8,2 mm) ma $c = 4{,}4$.

Gdyby więc pocisk *S* miał ten sam współczynnik kształtu, a kaliber 10,3 mm i ciężar 18 g (tak jak pocisk podany), to jego współczynnik balistyczny wyniósłby 3,85. Widać, że współczynnik kształtu pocisku brzechwowego jest o 50% gorszy od współczynnika pocisku *S*. Wynika to niewątpliwie w pewnej mierze z dość dużych wahań początkowych tego pocisku, na skutek czynników, celowo zresztą wprowadzonych, o których wspomniałem wyżej. Dla pocisku o lepszych

warunkach wylotowych, pocisku opierścienionego, o którym mowa będzie niżej, współczynnik balistyczny c wynosi przy szybkości $v_0 = 531$ m/sek, $c = 5{,}27$, a więc współczynnik kształtu jest o nie całych 40% gorszy od współczynnika kształtu pocisku S.

Uwzględniając, że jest to wogóle pierwsza próba strzelania pociskiem brzechwowym przy szybkościach większych od głosu i że sprawa kształtu pocisku wogóle nie była badana, nie można uważać, ażeby był to wynik tak bardzo zły.



Z chwilą, kiedy znany jest współczynnik balistyczny pocisku, można bez trudności obliczyć opór powietrza ze wzoru

$$R = \frac{p}{g} c F(v) \tag{24}$$

gdzie p oznacza ciężar pocisku.

γ) *Obliczenie momentu bezwładności pocisku.*

Moment bezwładności poprzecznej pocisku A obliczono metodą planimetryczną, podaną przez ś. p. inż. Jerzego Ciundziewickiego [1]).

Wyniósł on:

$$A = 3{,}34 \,.\, 10^{-7} \text{ kg m sek}^2$$

[1]) Inż. Ciundziewicki Jerzy i Czerwiński Ignacy „Wykreślna metoda wyznaczania środków ciężkości i momentów bezwładności pocisków". Wiadomości Techniczno-Artyleryjskie Nr 15, 1932, str. 127 i nast.

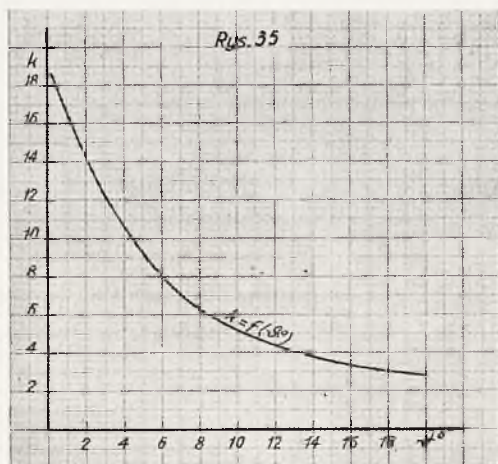
Obliczony tą samą metodą środek ciężkości pocisku znajduje się w odległości 19,8 mm od jego ostrołuku.

b) *Określenie własności aerodynamicznych pocisku.*

Własności aerodynamiczne pocisku określono na zasadzie pomiarów w tunelu aerodynamicznym, przy czym ze względu tak na wygodę pomiarów, jak i uzyskanie danych odpowiadających większej szybkości, pomiar wykonano nie na pocisku właściwym, ale na modelu prawie że czterokrotnie powiększonym (długość modelu 0,201 m zamiast 0,050 m). Szybkość dmuchania wynosiła 40 m/sek, co odpowiada, zgodnie ze stałością liczby Reynolds'a, szybkości

$$v_1 = \frac{l\,v}{l_1} = \frac{201\,.\,40}{50} = 160{,}8 \text{ m/sek}$$

a więc szybkości, przy której jeszcze można pominąć wpływ ściśliwości powietrza na wielkość oporu powietrza.



Pomiarów dokonano przy dwóch poprzecznych płaszczyznach lotu, a to zarówno celem wykrycia wahań wartości stabilizacyjnej pocisku, których należy się spodziewać w czasie prób, jak i dla ustalenia wielkości średnich, które jedynie mogą stanowić podstawę dla obliczeń przy niewiadomym z góry położeniu brzechwy w stosunku do poprzecznej płaszczyzny lotu.

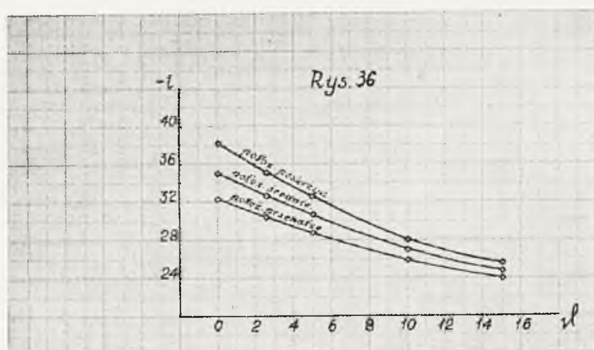
Przebieg funkcji $C_m(\vartheta)$ przedstawia poprzednio już omówiony rys. 11, który wykazuje, że — zgodnie zresztą z tym typem brzech-

wy — mamy tu do czynienia z krzywą o wyrazie trzeciego stopnia dodatnim.

Te pomiary aerodynamiczne pozwalają nam:

1) Określić związek pomiędzy współczynnikiem powiększeń kątowych k a kątem pochylenia (rys. 35).

2) Zdać sobie sprawę ze zmienności ramienia oporu powietrza wraz z kątem. Z dokonanej ekstrapolacji (rys. 36) widać, że ramię to dla kąta $\vartheta = 0$ (a więc wielkość, którą określimy przez l_0) ma amplitudę zmienności 6 mm, wahając się od 32 do 38 mm, licząc od ostołuku pocisku.



3) Ustalić związek między wielkością $M = R\,l\,k$ a kątem pochylenia.

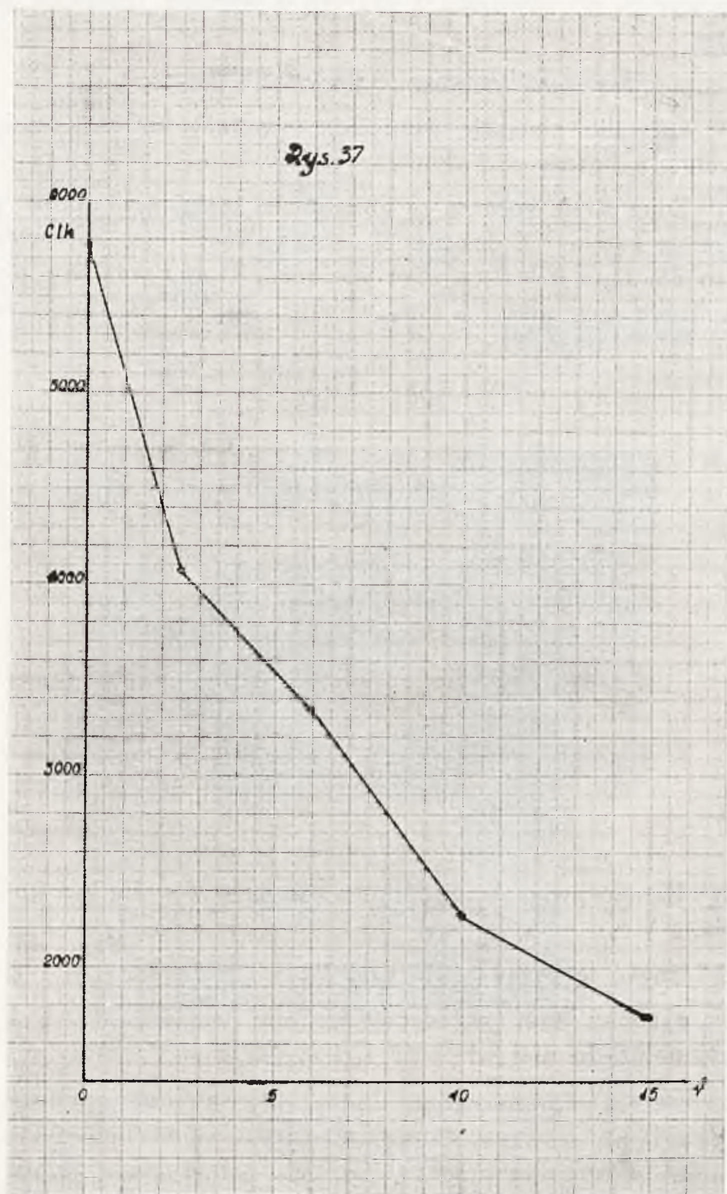
Zależność tę przedstawia rys. 37.

Na rysunku tym przedstawiono nie wartość $M = R\ l\ k$, ale proporcjonalną do niej wielkość $C\ l\ k$, gdzie

$$C = \sqrt{C_s^2 + C_n^2},$$

a l wyrażone jest w mm.

Wielkość tę obliczono dla średniej wielkości l (rys. 36) z obydwu położeń brzechwy w stosunku do płaszczyzny lotu oraz dla odległości środka ciężkości od ostrołuku pocisku 19,8 mm.



e) Sposób przeliczania wyników pomiarów.

Powyżej przedstawiona droga rachunku daje nam wartość momentu bezwładności oraz oporu powietrza przy położeniu osiowym

pocisku. Obliczony z doświadczeń okres wahań daje nam na zasadzie wzoru (23a) wielkość *M*.

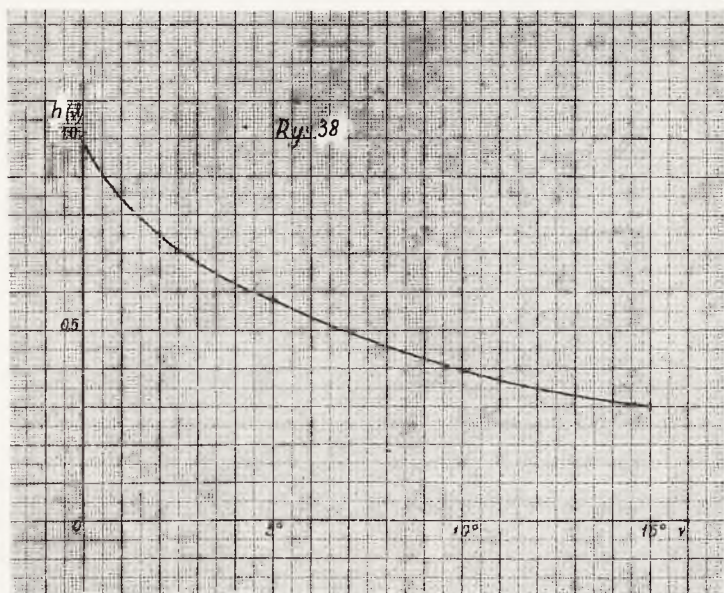
Ażeby przy jej pomocy uzyskać wielkość ramienia stabilizacji postępujemy następująco.

Jak wyżej podaliśmy, możemy z przebiegu funkcji *M* lub proporcjonalnej do niej funkcji *C l k* otrzymać

$$\frac{R \ l \ R}{R_0 \ l_0 \ k_0} = h\,(\vartheta) \tag{25}$$

w funkcji ϑ.

Przebieg tej funkcji przedstawia rysunek 38.



Załóżmy obecnie, że funkcja $h\,(\vartheta)$ jest niezależna od szybkości, czyli że dla każdej szybkości pozostaje ta sama. W takim razie

$$l_0 \ k_0 = \frac{R \ l \ k}{R_0 \ h\,(\vartheta)}, \tag{26}$$

co zezwala nam znaleźć iloczyn ramienia oporu powietrza i stosunku powiększeń kątowych.

Dla oceny własności stabilizacyjnych pocisku iloczyn ten byłby zupełnie wystarczający, ponieważ on jedynie charakteryzuje wielkość momentu oporu powietrza. Ażeby jednak uzyskać dane bardziej

naoczne, przyjmijmy założenie drugie, że wielkość k_0 również nie ulega zmianie wraz z szybkością. W takim razie możemy napisać, że

$$l_0 = \frac{R\ l\ k}{R_0\ k_0\ h(\vartheta)} \tag{27}$$

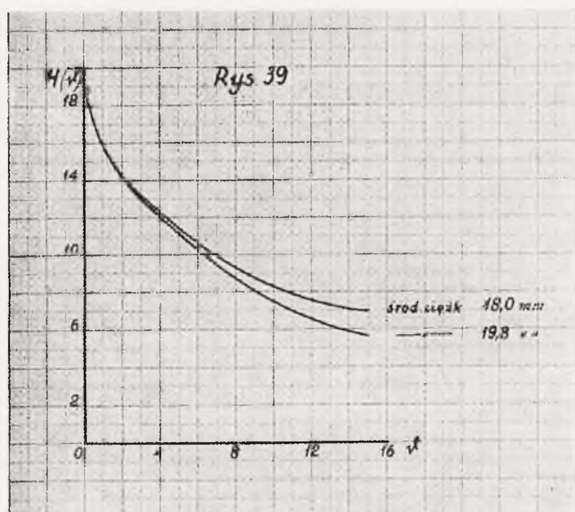
lub też oznaczając przez

$$H(\vartheta) = k_0\ h(\vartheta) \tag{18}$$

otrzymujemy

$$l_0 = \frac{R\ l\ k}{R_0\ H(\vartheta)} \tag{29}$$

Przebieg funkcji $H(\vartheta)$ podaje rysunek 39.



Ponieważ jednak funkcja ta jest częściowo zawisła od tego, czy środek ciężkości znajduje się, jak w większości prób, w odległości 19,8 mm od ostrołuku pocisku, czy też, jak przy próbie odpowiadającej szybkości 531 m/sek, 18 mm od ostrołuku pocisku, toteż należy wykreślić dwa różne wykresy funkcji $H(\vartheta)$, przy czym wykres górny, odpowiadający dłuższemu ramieniu stabilizacji, został zastosowany jedynie dla szybkości 531 m/sek. Dolny wykres nie jest niczym innym, jak podaną na rys. 38 funkcją $h(\vartheta)$ pomnożoną przez $k_0 = 19$.

Oczywiście obydwa założenia są dość dowolne.

Jeżeli chodzi o założenie stałości wyrazu k_0, to jest to po prostu tylko wygodna konwencja, ażeby dla porównania operować ra-

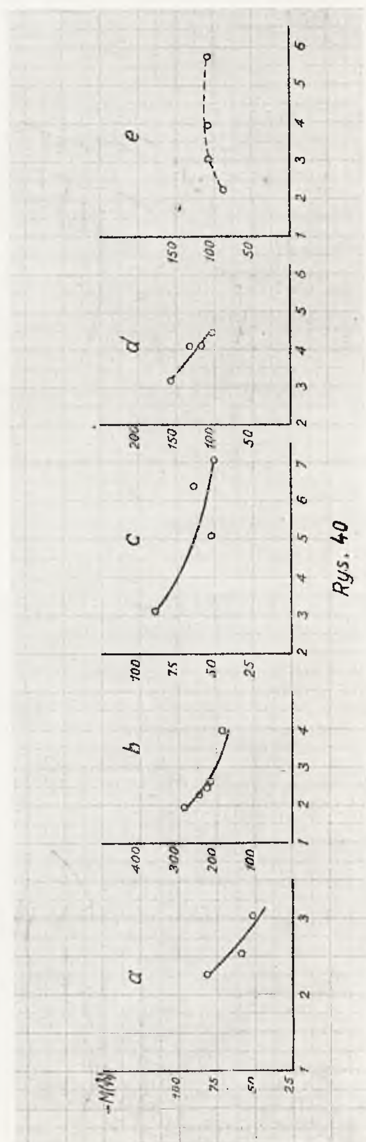
mieniem oporu powietrza, a nie jego wielokrotnością. Fizycznego znaczenia to założenie nie ma i ostatecznie możnaby się było bez niego obejść.

Co do pierwszego założenia, to doświadczenie częściowo potwierdza, że charakter przebiegu krzywych $M(\vartheta)$ jest w wielu wypadkach zupełnie zgodny z tym, co podaje nam pomiar aerodynamiczny, jak to widać na rysunku 40.

Rysunek ten podaje mianowicie wielkości M, otrzymane z prób przy rozmaitych amplitudach wahań, przy czym zebrałem w nim tylko te pomiary, dla których liczba punktów jest dostateczna.

Widać z niego, że istotnie charakter przebiegu krzywej $M(\vartheta)$ dość dobrze odpowiada krzywej $C\ l\ R$ na rys. 37.

W jednym tylko wypadku, odpowiadającym szybkości 317 m/sek otrzymujemy zupełnie odmienny przebieg krzywej (rys. 40e).

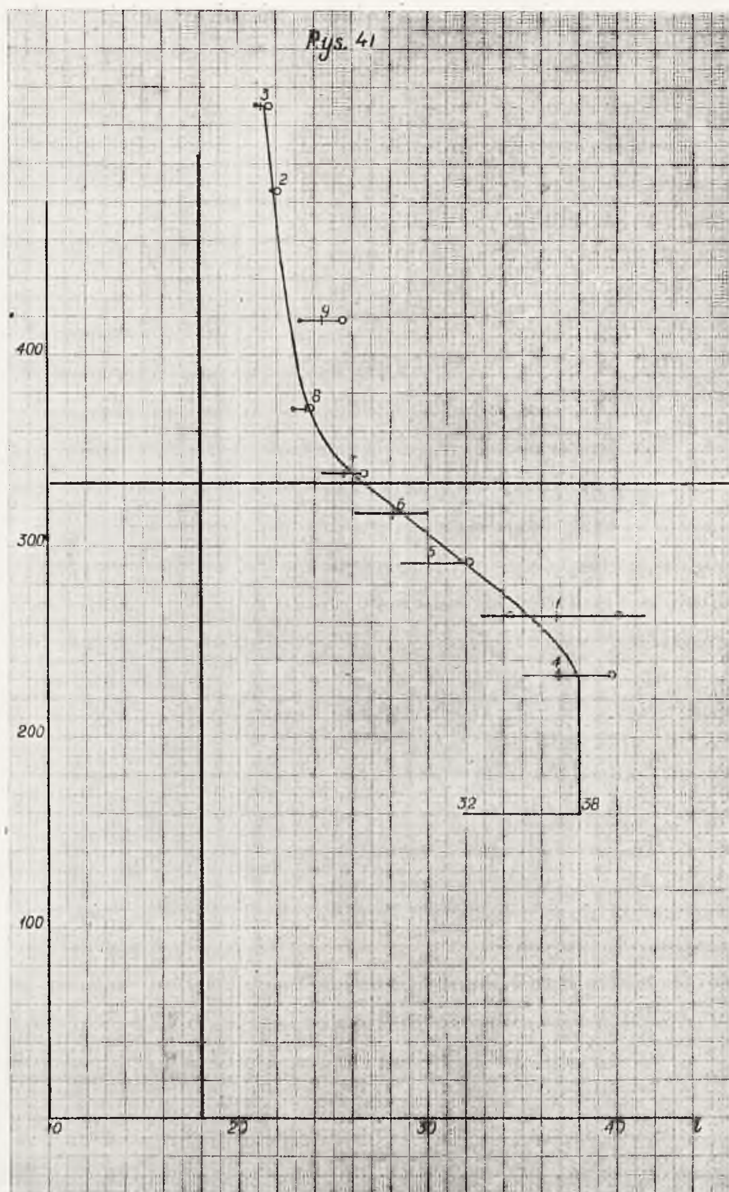


Rys. 40

Na razie brak jeszcze danych, które by nam pozwoliły dokładnie zilustrować przebieg funkcji $M(\vartheta)$ dla poszczególnych szybkości.

Dopiero większa liczba pomiarów pozwoliłaby na uwolnienie się od tej, bądź co bądź dowolnej hipotezy niezmnienności funkcji $M(\vartheta)$ wraz z szybkością.

Ażeby jednak choć częściowo wykorzystać stwierdzony na wykresie przebieg krzywej funkcji $M(\vartheta)$, wyrysowano dla wszystkich pomiarów przybliżony przebieg tej funkcji z uzyskanych w doświadczeniu punktów i na tej zasadzie obliczono $M(\vartheta)$, odpowiadające najmniejszej wartości kąta ϑ, jaką otrzymano ze strzelania. Tę wielkość przeliczono dalej na l_0 przy pomocy wzoru (29).



Tak obliczone punkty przedstawione są na rysunku 41 przy pomocy kółek. Na rysunek ten naniesiono punkty doświadczalne, a mianowicie:

Kółkami oznaczono wielkości określone powyżej. Krótkim od-

cinkiem pionowym—wielkości będące średnią arytmetyczną l_0, obliczonych z dokonanych pomiarów.

Odcinkami poziomymi—rozrzut całkowity l_0, otrzymanych z pomiarów dla tej samej szybkości, tj. przestrzeń, w której mieszczą się wszystkie obliczone l_0.

Odcinek poziomy dla $v = 160$ m/sek odpowiada rozrzutowi l_0 dla pomiaru aerodynamicznego, tj. różnicy między wynikiem pomiaru dla położenia poskrzydełkowego i przekątnego.

Widać z niego, że za wyjątkiem jednego jedynego pomiaru, odpowiadającego szybkości 263,5 m/sek, największe różnice wszystkich innych pomiarów są dużo mniejsze niż rozrzut wielkości l_0, uzyskany z pomiarów aerodynamicznych, a odpowiadający różnym położeniom brzechwy w stosunku do poprzecznej płaszczyzny lotu.

Jeżeli uwzględnimy, że pomiar przy szybkości 263,5 m/sek był pierwszym pomiarem serii i że skutkiem tego obarczony był największym błędem doświadczalnym, to należy stwierdzić, że pomimo dość znacznego rozrzutu średnich kątów wahań, uzyskano dane bardzo zgodne pomiędzy sobą, świadczące o tym, że założenia, jakie przyjęto, nie odbiegają zbytnio od rzeczywistości.

Nakoniec należy wspomnieć, że jako kąt ϑ, dla którego brano wielkość funkcji $H(\vartheta)$, służył nie kąt odpowiadający największej amplitudzie wahań, ale kąt amplitudy średniej, która — jeżeli przyjmiemy, że funkcja wahań jest sinusoidą — wynosi

$$\vartheta_{\text{średnie}} = \frac{2}{\pi}\,\vartheta_{\max}\,. \tag{30}$$

Ponieważ przy większości pomiarów, jak powyżej wspomniano, odległość środka ciężkości od ostrołuku pocisku wynosiła 19,8 mm, przy pomiarze zaś odpowiadającym $v_0 = 531$ m/sek zdołano przez odpowiednie pocienienie brzechw przesunąć środek ciężkości do 18 mm od ostrołuku pocisku, to też dla uzyskania danych bardziej jednorodnych na rys. 41 przyjęto jako początek układu ramienia oporu powietrza l nie środek ciężkości pocisku, lecz jego ostrołuk.

Jak doświadczenie wykazuje, można pocisk ten skonstruować w taki sposób, że środek ciężkości znajdzie się w odległości 18 mm od ostrołuku pocisku.

Dla oceny więc wielkości oporu powietrza wystarczy przyjąć, że środek ciężkości będzie w tym miejscu dla wszystkich pocisków

i że od niego należy liczyć ramię oporu powietrza dla ustalenia wielkości funkcji $N(\vartheta)$.

Odległość 18 mm narysowano więc na rys. 41 grubą linią pionową.

f) Omówienie wyników pomiaru.

Wynik pomiarów przedstawia wspomniany wyżej rysunek 41. Wykazuje on, że:

1) Pociski brzechwowe mogą się stabilizować i przy szybkościach większych od szybkości głosu.

2) W okolicy szybkości głosu następuje gwałtowne malenie ramienia oporu powietrza (lub ściśle rzecz biorąc, iloczynu z ramienia i stosunku powiększeń kątowych, bo tylko ten iloczyn dało doświadczenie), przy czym punkt przegięcia krzywej ramienia w funkcji szybkości przypada w okolicy szybkości głosu.

W związku ze wspomnianymi na wstępie niniejszego rozdziału zjawiskami, które przy tej szybkości zachodzą, wynik ten wydaje się być zupełnie logiczny.

3) Pomimo jednak tak gwałtownego zmniejszania ramienia oporu powietrza, warunki stabilizacyjne pocisku nie są bynajmniej gorsze przy szybkościach większych od głosu niż przy szybkościach mniejszych, jak o tym świadczy poniższe zestawienie 4:

Zestawienie 4.

Warunki stabilizacyjne pocisku przy różnych szybkościach.

v	1	c	$F(v)$	$cF(v)\,l$
232	0,0198 m	3.84	6,675	0,508
485	0,004 m	5.68	81,71	1,86

Dopiero z dalszym wzrostem szybkości, gdyby miało zachodzić nadal malenie ramienia oporu powietrza, stosunki mogą się odwrócić.

4) To, że pomiar przy szybkości $v = 232$ m/sek daje większe ramię stabilizacji niż średnia wartość pomiaru aerodynamicznego (przy szybkości 40 m/sek., przeliczonej z liczby Reynoldsa na 160 m/sek), nie jest niczym dziwnym, ponieważ pomiar na modelu czterokrotnie powiększonym nie może nigdy zapewnić absolutnej pewności, że

model i pocisk rzeczywisty będą zupełnie aerodynamicznie do siebie podobne.

Stwierdzone więc różnice wydają się zupełnie możliwe i leżące w granicach błędów doświadczalnych.

5) Trudno twierdzić coś stanowczego o zachowaniu się iloczynu $l_0 k_0$ przy szybkościach mniejszych od 240 m/sek.

Wydaje się jednak, że pomiar raczej potwierdził założenie, wynikające z wyłącznego wpływu liczby Reynoldsa w tym zakresie szybkości, iż iloczyn ten jest niezmienny lub co najmniej mało zmienny wraz z szybkością tak długo, jak długo nie przekracza ona ok. 240 m/sek.

6) Należy zauważyć, że wahania w pomiarach są dużo większe przy szybkościach mniejszych od głosu niż przy szybkościach większych.

Wynika to częściowo z tego, że rozrzut szybkości był stosunkowo mniejszy przy szybkościach większych niż przy szybkościach mniejszych i że bardziej stromy charakter krzywej $l = f(v)$ spowodował, że wpływ rozrzutu szybkości na wielkość okresu wahań jest dużo mniejszy w zakresie szybkości ponad 360 m/sek niż w zakresie szybkości 240 do 360 m/sek.

Wszystkie uwagi powyższe oparte są jedynie na stosunkowo niedużej ilości pomiarów. Dlatego też uchodzić mogą dopiero za pierwsze przybliżenie się do rzeczywistości.

Mimo jednak dość dużą ich fragmentaryczność wykazują one w sposób niewątpliwy, że:

A) Pocisk brzechwowy może się stabilizować i przy szybkościach większych od głosu.

B) Iloczyn ramienia oporu powietrza przez stosunek powiększeń kątowych ulega gwałtownemu zmniejszeniu w okolicy szybkości głosu zgodnie ze zjawiskami fizycznymi, które zachodzą przy tej szybkości.

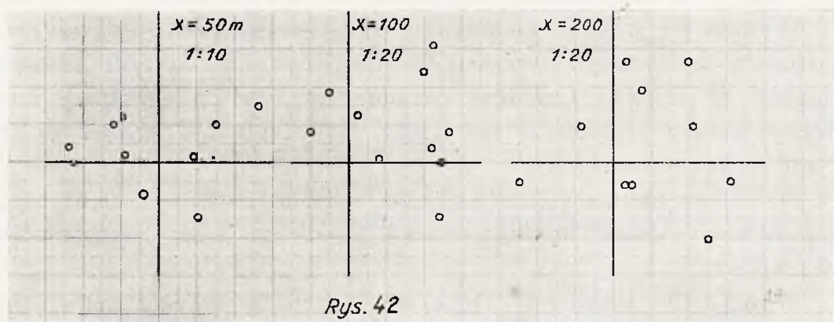
Uzyskanie tych dwóch danych było właściwym celem pracy, którą omawiamy w niniejszym rozdziale.

g) Celność pocisków brzechwowych.

Celność w niniejszej pracy była zagadnieniem zupełnie ubocznym. Wprost przeciwnie, jak już na wstępie wspomniałem, chodziło nam raczej o powiększenie początkowych wahań pocisku, ażeby tą drogą uzyskać dostatecznie duże kąty wahań, co zezwoliło na pewniejsze przeprowadzenie krzywej wahań w funkcji czasu.

Nie dziw więc, że rozrzuty były dość duże. Średnica ich wynosiła na: 50 m — 0,53 m, na 100 m — 0,92 m, a na 200 m — 1,20 m.

Budowa rozrzutu jest przy tym dość regularna, jak to widać na rys. 42.



Rys. 42

Tak duże rozrzuty są zresztą zupełnie zrozumiałe.

Pociski stalowe, ze względu na niemożliwość ich przecisku przez lufę, nie mogły mieć ściśle tego samego kalibru, co przewód lufy. Na skutek więc koniecznego luzu, pocisk już w samej lufie bił wykonując wahania, których amplitudę dość łatwo obliczyć. Jeżeli bowiem luz na średnicy brzechwy wynosił 0,2 mm, a na średnicy zgrubienia środkującego 0,1 mm, to największy kąt, jaki mógł uzyskać pocisk w lufie, wynosił około 30′.

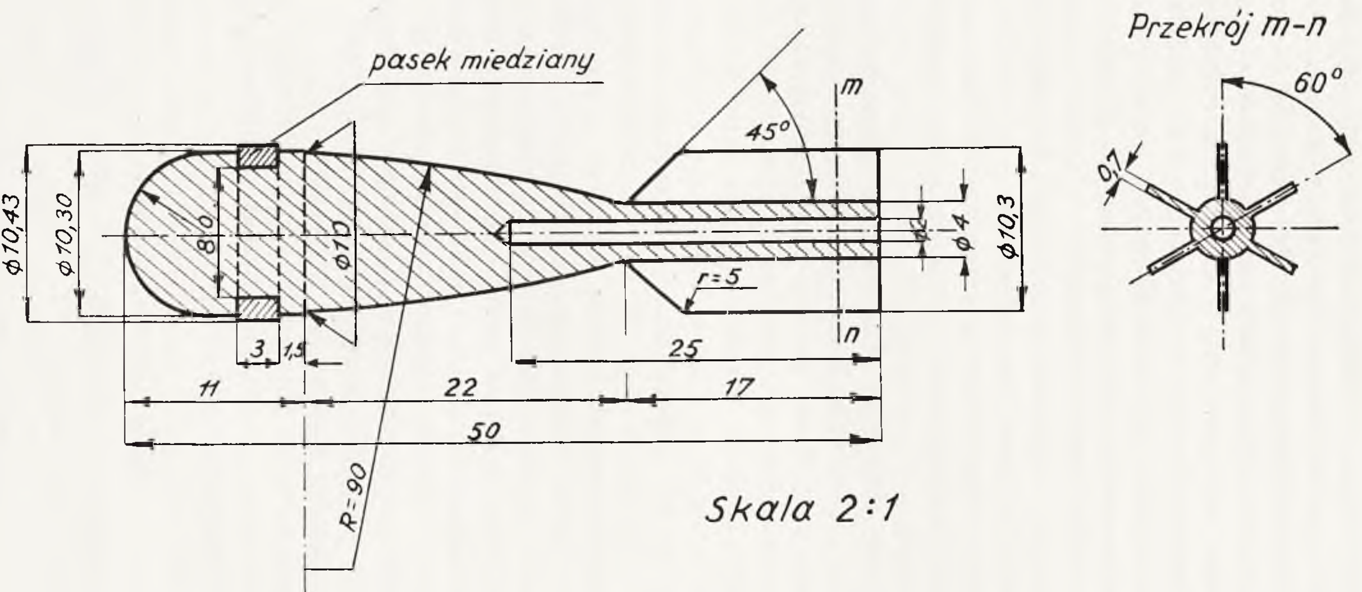
Do tego dochodziło silne działanie gazów wylotowych na już podlegający silnym ruchom pocisk, co jeszcze powiększało wadliwość warunków wylotowych pocisku.

Jeżeli więc mimo tego pocisk nie koziołkował, to świadczy to o jego dobrych właściwościach stabilizacyjnych.

Ażeby jednak przekonać się, czy istotnie duży rozrzut należy przypisać wyłącznie złym warunkom prowadzenia pocisku w lufie, wykonano pewną liczbę pocisków z miedzianym pierścieniem wiodącym i namiedziowanymi skrzydełkami brzechwy dla pewniejszego prowadzenia pocisku w lufie.

Wymiary tego pocisku podaje rys. 43, widok jego umieściłem na rys. 27.

Średnica pierścienia jest nieco większa od przewodu lufy, co wymagało wbijania pocisku w przewód za każdym strzałem. Lufa bowiem nie posiada stożka przejściowego, którýby znacznie utrudniał


pasek miedziany
45°
m
n
Przekrój m-n
60°
0,7
ϕ10,43
ϕ10,30
8
ϕ10
ϕ4
ϕ10,3
r=5
25
3
1,5
11
22
17
50
R=90
Skala 2:1

Rys. 43.

strzelanie przy pociskach bez pierścienia wiodącego, a przecież strzelanie to stanowiło główny cel omawianej pracy.

Zastosowanie pierścienia wiodącego zezwoliło na wzięcie prochu znacznie mniej żywego niż proch myśliwski. Z rozmaitych próbek prochów najlepsze wyniki dał proch K Pol, który ponadto umożliwił zastosowanie większego ładunku w łusce tekturowej a tym samym i przekroczenie szybkości 485 m/sek, największej, jaką prochem myśliwskim można było jeszcze osiągnąć. Dlatego też dla pomiaru przy $v_0 = 531$ m/sek zastosowano ten proch.

Równocześnie, mimo zwiększonej szybkości, ciśnienie pomniejszyło się, skoro dna łusek przestały pękać.

Pomimo to jednak rozrzut szybkości był dość duży, a to prawdopodobnie wskutek dość znacznych różnic w średnicy pierścienia wiodącego.

Zastosowanie tego pieścienia znacznie polepszyło celność i lot pocisku. O ile pociski bez pierścienia wiodącego dawały amplitudy kąta pochylenia, dochodzące do 12^0, o tyle przy pieścieniach wiodących amplituda wahań nie przekroczyła nigdy 4^0.

Również i średnice rozrzutu ulegały poważnemu obniżeniu, wynosząc 0,16 m na 50 m, 0,39 m na 100 m i 0,64 m na 200 m.

Rozrzuty te są jeszcze dość duże, wynoszą bowiem 2,5 do 3 razy tyle, co rozrzut dobrego kb. na tych odległościach.

Jeżeli jednak uwzględnimy, że strzelano z broni niezmiernie prymitywnej, z łusek tekturowych, że ani proch, ani długość lufy, ani inne warunki ładowania nie były wogóle badane z punktu widzenia celności, że broń podlegała — co obserwacja oczna stwierdziła — bardzo silnemu podrzutowi w czasie strzału, a to na skutek stanowczo zbyt małego jej ciężaru w stosunku do energii wylotowej pocisku, to należy stwierdzić, że wynik celności nie jest bynajmniej najgorszy i że niewątpliwie szczegółowa analiza broni i amunicji zezwoliłaby na bardzo znaczne jej polepszenie.

Obserwacja ta wraz z poprzednimi danymi stwierdza raz jeszcze, że istnieje możliwość stabilizacji pocisków brzechwowych, których szybkość przekracza szybkość głosu.

XI. Uwagi końcowe.

Prace opublikowane poprzednio [1]) i praca niniejsza stanowią w pewnej mierze jedną całość.

---

[1]) „Ruch I" i „Ruch II". W. T. U. Nr 41 i 42, (1938 r.).

Wspólnym ich celem było pogłębienie zagadnienia stabilizacji pocisku brzechwowego przez szersze zajęcie się podstawami mechanicznymi i balistycznymi jego lotu, ze szczególnym zwróceniem uwagi na te cechy, przez które konstruktor wpłynąć może na wartość i przydatność pocisku.

Oczywiście daleki jestem od myśli objęcia całokształtu tego zagadnienia. Problem brzechwy, mimo swej pozornej prostoty, związany jest w swoim fizycznym przebiegu z tylu zawiłymi zjawiskami aerodynamicznymi, że przy obecnym stanie naszych wiadomości trudno jest myśleć o całkowitej ich teorii.

Cel mój był znacznie skromniejszy. Korzystając mianowicie z dość obfitego materiału doświadczalnego, jakim rozporządzałem z okazji doraźnych prac teoretycznych nad poszczególnymi typami pocisków brzechwowych oraz z kilku prac badawczych w Laboratorium Balistycznym Politechniki Warszawskiej (z których niektóre były pracami przejściowymi studentów Sekcji Uzbrojenia Politechniki Warszawskiej), postanowiłem tak zebrane dane ująć w pewien systemat, ażeby nieco bliżej oświetlić zagadnienie pocisków brzechwowych.

Chodziło mi przede wszystkim o określenie wielkości, które służyć mogą do charakterystyki pocisków, a zwłaszcza ich brzechw oraz o zwrócenie uwagi na związek między tymi wielkościami a warunkami lotu pocisku.

Przypuszczam, że w ten sposób uda się stworzyć drogę, która pozwoli bliżej ująć zagadnienie konstrukcji pocisku brzechwowego i ułatwi dalsze badania, przyczyniając się w ten sposób, choć w skromnej mierze, do pogłębienia zagadnienia ubrzechwienia pocisku, zagadnienia, które — jak w to wierzę — będzie miało jeszcze poważną rolę do odegrania w rozwoju techniki uzbrojeniowej.

Wyniki pracy niniejszej przedstawiają się następująco:

1) Scharakteryzowano warunki lotu pocisku brzechwowego.

2) Określono czynniki, które wpływają na okres wahań pocisku i ustalono przy rozmaitych warunkach lotu związek między tymi wielkościami a zachowaniem się pocisku na torze.

W przeciwieństwie do prac dotychczasowych, które przy funkcji charakteryzującej moment oporu powietrza uwzględniały tylko wyraz stopnia pierwszego, w pracy niniejszej wprowadzono wyrazy stopni wyższych, ograniczając się w praktycznym zastosowaniu do stopnia trzeciego.

Tą drogą otrzymuje się wzory (30), (41), (77) i (86) pracy „Ruch I", które określają prawa wahań nietłumionych pocisku

brzechwowego, poruszającego się ruchem jednostajnym po linii prostej. Dzięki uwzględnieniu wyrazów stopnia wyższego niż ten, jaki dotąd przyjmowano, można było wskazać na charakterystyczne różnice pomiędzy poszczególnymi typami pocisków i wyjaśnić przyczyny odmiennego ich zachowania się na torze.

Równocześnie szczegółowa analiza funkcyj eliptycznych, które tu wchodzą w grę, zezwoliła na znalezienie ściślejszego niż dotąd związku między wielkością momentu oporu powietrza w funkcji kąta pochylenia a lotem pocisku.

Wreszcie można było ustalić matematyczne prawa rządzące lotem pocisku brzechwowego, stabilizowanego w sposób niezupełnie prawidłowy, tj. taki, że brzechwa zaczyna działać dopiero po przekroczeniu pewnego kąta pochylenia większego od zera [1]). Tak lecą np. niektóre typy bomb lotniczych.

3) Zbadano wielkość tłumienia („Ruch I" wzór (171)).

Przez wprowadzenie pojęć „właściwego współczynnika tłumienia" i „ramienia tłumienia" („Ruch I" wzór (108)), można było bliżej zanalizować cechy konstrukcyjne pocisku, charakteryzujące jego własności tłumiące i wskazać na sposób obliczania tych własności na zasadzie pomiarów aerodynamicznych („Ruch I" wzór (114) i (115)).

Przeprowadzony równocześnie pomiar wielkości tłumienia pocisku brzechwowego przy pomocy wahadła zezwolił na określenie przybliżeń, z jakimi mamy do czynienia przy obliczaniu współczynnika tłumienia z pomiaru aerodynamicznego i na określenie dolnej i górnej granicy tej wielkości.

Równocześnie nawiasowo niejako wskazano na sposób rozwiązania równania różniczkowego wahań płaskich, jeżeli wyraz tłumienia zawiera pochodną w stopniu drugim („Ruch I" wzór 117), a nie— jak zwykle — w stopniu pierwszym.

4) Ustalono działanie dotąd wymienionych wielkości oraz wpływ krzywizny toru i zmiany szybkości pocisku na lot pocisku brzechwowego. Zagadnieniu temu poświęconą była praca „Ruch II".

Dzięki odpowiednim przybliżeniom („Ruch II" wzór (16a) i (18a)) udało się lot ten rozbić — zgodnie z klasyczną już dziś pracą *Esclangona* — na ruch osi równowagi dynamicznej i ruch dokoła tej osi.

Równocześnie przedstawiono sposób przeprowadzenia tego ostatniego rachunku drogą przybliżoną („Ruch II" wzór (25), (26) i (29)).

---

[1]) „Ruch I", str. 331.

Szereg przykładów, rozważań natury teoretycznej oraz przeprowadzonych doświadczeń zezwolił na wyprowadzenie kilku wniosków co do wpływu poszczególnych czynników tak balistycznych, jak i konstrukcyjnych na lot pocisku.

W szczególności zanalizowano wpływ typu ubrzechwienia, tj. funkcji charakteryzującej moment oporu powietrza, wymienionej pod 2), wpływ szybkości lotu pocisku i wpływ wzrostu lub malenia tej szybkości na torze, a wreszcie wpływ długości pocisku i położenia jego środka ciężkości. Zagadnienie to rozpatrywała praca „Ruch II".

5) Wprowadzono (w pracy niniejszej, wzór (7)) pojęcie wartości stabilizacyjnej brzechwy i wskazano sposób jej obliczania przy pomocy pomiarów aerodynamicznych (wzór (13), (14), (15), (16) i (17)).

Szereg wykonanych pomiarów, obliczeń i doświadczeń, tyczących się w szczególności cienia aerodynamicznego, tj. przestrzeni zaburzeń wywołanych przez pewne ciało w opływie powietrza i wzajemnego wpływu (interakcji) między pociskiem a brzechwą, zezwolił na uzasadnienie tego pojęcia.

Na zasadzie pomiarów aerodynamicznych poszczególnych typów pocisków i brzechw można było znaleźć pewne związki, jakie zachodzą pomiędzy długością brzechwy, jej położeniem w stosunku do poprzecznej płaszczyzny lotu oraz ilością i kształtem jej skrzydełek a wielkościami charakteryzującymi przydatność brzechwy dla stabilizacji pocisku na torze.

Pomimo to, iż dane te są dość fragmentaryczne i dalekie są od przybliżonego nawet przedstawienia wszystkich tu zachodzących możliwości, niemniej jednak stanowią one materiał, który pozwoli konstruktorowi zdać sobie sprawę z wpływu poszczególnych części jego konstrukcji na wartość stabilizacyjną brzechwy, a równocześnie określić współczynniki, charakteryzujące wartość praktyczną jego konstrukcji.

6) Wreszcie przy pomocy umyślnych doświadczeń udowodniono, że pociski brzechwowe mogą się stabilizować przy szybkościach większych od szybkości głosu i ustalono ogólny charakter zmiany warunków stabilizacji pocisku z chwilą, gdy szybkość jego lotu przekracza szybkość głosu. W szczególności uzyskano doświadczalnie zmianę ramienia stabilizacji z szybkością lotu pocisku, przedstawioną na rys. 41 niniejszej pracy.

Na zakończenie poczuwam się do miłego obowiązku złożenia moich gorących podziękowań p. prof. Czesławowi Witoszyńskiemu, kierownikowi Instytutu Aerodynamicznego Politechniki

Warszawskiej za Jego zawsze życzliwe rady i wskazania, które ułatwiły mi w bardzo dużym stopniu opracowanie omawianego zagadnienia. Dzięki życzliwej pomocy prof. Witoszyńskiego udało się przeprowadzić w Jego Instytucie szereg pomiarów, stanowiących podstawę tej publikacji.

Pragnąłbym również serdecznie podziękować p. płk. inż. Stanisławowi Witkowskiemu za Jego życzliwą zachętę do niniejszej pracy oraz liczne ułatwienia, jakich mi On udzielił dla jej dokończenia i publikacji oraz p. prof. Maksymilianowi Huberowi za łaskawe uwagi i wskazówki, które były mi cenną pomocą przy opracowaniu strony mechanicznej zagadnienia lotu pocisku brzechwowego.

Nie chciałbym również pominąć na tym miejscu cennej pomocy, jakiej doznałem ze strony st. asyst. Zakładu Balistyki Politechniki Warszawskiej p. inż. Mariana Zięb iń skiego, który dokonał szeregu pomiarów i obliczeń niezbędnych dla tych badań, dalej ze strony p. inż. Edwarda Steckego, którego praca przejściowa była poważnym przyczynkiem do całości zagadniania, p. inż. Pawła Raksimowicza i p. Jana Szymankiewicza, którzy wykonali liczne obliczenia i prace rysunkowe, niezbędne dla wykorzystania posiadanego przeze mnie materiału doświadczalnego, a wreszcie p. Anastazji Kredek, asystentki Zakładu Balistyki Politechniki Warszawskiej, która była mi szczególnie pomocną przy sprawdzaniu wzorów i ostatecznej redakcji oraz korekcie niniejszej pracy.

Prof. dr TADEUSZ URBAŃSKI i Inż. J. PILLICH

O DZIAŁANIU SIARKI NA SUBSTANCJE WYBUCHOWE*)

Wstęp.

Siarka jest substancją, która bardzo łatwo wstępuje w reakcję z licznymi połączeniami organicznymi. Siarkę cechuje przede wszystkim zdolność odciągania od węglowodorów (i wielu innych substancyj) atomów wodoru z wytwarzaniem siarkowodoru. Powstające przez odjęcie wodoru reszty albo łączą się następnie ze sobą tworząc połączenia o wielkiej cząsteczce, lub też tworzą połączenia zawierające siarkę w cząsteczce (np. pochodne tiofenu).

Największą odporność na działanie siarki wykazują początkowe człony szeregu parafinowego; najłatwiej reagują węglowodory nienasycone odszczepiając wodór. Pośrednie miejsce zajmują węglowodory aromatyczne, przy czym najłatwiej ulegają reakcji łańcuchy boczne.

Benzen traci również wodór pod wpływem działania siarki w bardzo wysokiej temperaturze[1]).

Literatura nie podaje jednak, jakie jest działanie siarki na nitrozwiązki i estry kwasu azotowego — a więc na substancje wybuchowe.

Wydawało się prawdopodobnym przypuszczenie, że siarka oddziaływać może ujemnie na materiały wybuchowe, szczególnie wobec ogrzewania i ewentualnie innych bodźców.

Celem pracy niniejszej było wyjaśnienie, w jakim stopniu jest słuszne to przypuszczenie. Wyjaśnienie tego zagadnienia miałoby znaczenie praktyczne o tyle, że w pewnych przypadkach siarkę stosuje się do uszczelniania części pocisków wypełnionych materiałem wybuchowym.

---

*) Referowano w Towarzystwie Wojskowo Technicznym dnia 26 marca 1938 r.

[1]) Według *L. Szperla.* Chemik Polski *15*, 10 (1917).
Roczniki Chemii *2*, 291 (1922).

Wykonanie odpowiednich doświadczeń wydawało się również polecenia godne ze względów teoretycznych wobec tego, że znaczenie siarki w technice wybuchowej jest tak duże, szczególnie z punktu widzenia historycznego, jeżeli weźmiemy pod uwagę, że jednym z istotnych składników najstarszego materiału wybuchowego — prochu czarnego — jest siarka. Rola, jaką siarka odgrywa w prochu czarnym, nie jest wszakże dostatecznie wyjaśniona, pomimo rozpoczętych już w tym kierunku prac. [1])

Oddziaływanie chemiczne siarki na nitrozwiązki i estry kwasu azotowego.

Nitrozwiązki. Ogrzewanie nitrozwiązków z siarką prowadzi w pewnych temperaturach do burzliwej niekiedy reakcji z utworzeniem substancyj smolistych oraz wydzieleniem znacznej ilości gazów.

Analiza jakościowa gazów wydzielających się przy ogrzewaniu do temperatury 200° mieszaniny trotylu, trójnitrobenzenu, kwasu pikrynowego i trójnitrokrezolu z 10% siarki wykazała obecność *siarkowodoru* i *dwutlenku siarki.*

Estry kwasu azotowego takie, jak nitroglyceryna, nitroerytryt, pentryt przy ogrzewaniu do 150° z 10% siarką wydzielają (obok tlenków azotu) również *dwutlenek siarki,* natomiast nie wydzielają siarkowodoru.

Wydaje się, że dwutlenek siarki powstaje pod wpływem utleniającym grup nitrowych zarówno nitrozwiązków jak i estrów kwasu azotowego. Natomiast siarkowodór, zgodnie z danymi dotychczasowymi literatury, pochodziłby z odszczepienia wodoru z połączeń aromatycznych (z łańcucha bocznego lub, jak np. w trójnitrobenzenie, z pierścienia).

Zagadnieniu działania siarki na nitrozwiązki i estry będą poświęcone badania specjalne.

Wrażliwość na uderzenie.

Zbadano wpływ siarki na wrażliwość trotylu wobec uderzenia. Zastosowano do tego celu opisaną już poprzednio metodę kafarową w modyfikacji i udoskonaleniu *T. Urbańskiego.* [2])

---

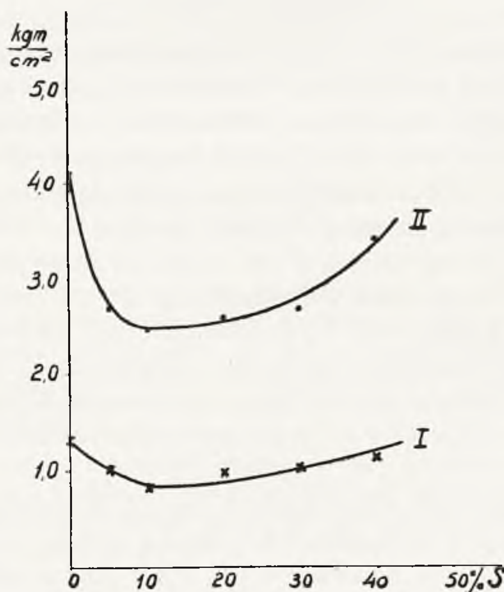
[1]) K. A. Hoffmann. Sitzungster. d. Preuss. Akad. Wiss. *1929*, XXV, 509; *1930*, XXV.

[2]) Przemysł Chem. *20*, 117 (1936).
Wiadomości Techn. Uzbrojenia Nr 38, 497 (1937).

Uzyskano wyniki podane na tablicy I oraz rys. 1.

Tablica I.

% zawartości siarki w mieszaninie z trotylem	Minimalna praca dająca 10% wybuchu			Maksymalna praca dająca 50% wybuchu		
	ciężar kg	wysokość spad. cm	praca kgm/cm²	ciężar kg	wysokość spad. cm	praca kgm/cm²
0	5	40,5	1,35	10	49,0	3,70
5	5	32,0	1,03	10	35,0	2,68
10	5	25,0	0,81	10	30,0	2,28
20	5	31,0	0,98	10	34,0	2,58
30	5	32,0	1,03	10	35,0	2,68
40	5	35,0	1,13	10	45,0	3,40



Rys. 1.

Krzywa I na rys. 1 podaje 10%-we prawdopodobieństwo wybuchu; krzywa II—50%-we prawdopodobieństwo w zależności od składu.

Jak widać, obecność siarki w trotylu w znacznym stopniu uczula materiał wybuchowy. Szczególnie wrażliwa na uderzenie jest mieszanina zawierająca 10% siarki. Zwiększenie zawartości siarki

ponad 10% powoduje nieznaczne zmniejszenie wrażliwości, jednak dopiero przy zawartości ponad 40% krzywa wrażliwości mieszanin podnosi się do wrażliwości czystego trotylu.

Prawdopodobnie wzrost wrażliwości trotylu wobec uderzenia pod wpływem obecności siarki przypisać należy częściowo oddziaływaniu mechanicznemu kryształów obcej substancji (siarki), tak jak to zauważyliśmy poprzednio na przykładzie oddziaływania chlorku potasu na heksogen,[1]) podobnie jak piasek lub mielone szkło uczula materiały wybuchowe inicjujące w masach zapałowych.

Nie jest tu wykluczone również i oddziaływanie nie tylko mechaniczne, co do czego nie możemy jednak wypowiedzieć żadnego zdania konkretnego, z braku na razie odpowiednich danych eksperymentalnych.

Temperatura pobudzenia.

W literaturze brak ustalonych sposobów wyznaczania temperatury pobudzenia meteriałów wybuchowych. Autorzy wykonywują doświadczenia nad temperaturą pobudzenia w bardzo różnorodny sposób i uzyskują oczywiście wyniki bardzo rozmaite.

Tak więc: Brunswig[2]) zaleca ogrzewanie 0,1 g badanej substancji w probówce na łaźni olejowej ogrzanej do 100^0 i ogrzewanie następnie łaźni z szybkością 5^0 na minutę aż do wywołania wybuchu. Escales[3]) tę samą ilość substancji ogrzewa z szybkością 20^0 na minutę. Kast[4]) ogrzewa 0,1 g substancji od 100^0 wzwyż z szybkością 5^0 na minutę. Chemisch Technische Reichsanstalt stosuje według Günthera[5]) ogrzewanie od 100^0 z szybkością 20^0 na minutę, przy użyciu próbek 0,5 g albo 0,1 g (w przypadku słabiej wybuchających substancyj).

Micewicz i Majkowski[6]) badali temperaturę pobudzenia różnych substancyj wybuchowych stosując próbki 1,2 — 1,5 g przy różnych szybkościach ogrzewania (5^0, 10^0 i 20^0 na min.) oraz przy nagłym ogrzewaniu przez umieszczenie badanej substancji w łaźni

---

[1]) Przemysł Chem. loc. cit.; Wiad. Techn. Uzbrojenia loc. cit. Należy podkreślić tu duże podobieństwo krzywych: TNT — S i Heksogen — KCl.

[2]) Brunswig. Explosivstoffe, str. 28 (1909).

[3]) R. Escales. Nitrosprenstoffe, str. 425 (1915).

[4]) Kast-Metz. Spreng— u. Zündstoffe. str. 225 (1931).

[5]) P. Günther. Laboratoriumsbuch f. Sprengstoffindustrie. str. 37 (1923).

[6]) S. Micewicz i Majkowski. Przemysł Chem. *12*, 199 (1928).

ogrzanej uprzednio do temperatury zbliżonej do temperatury pobudzającej. Ten ostatni sposób daje wyniki najbardziej dokładne.

Prócz tego autorzy badali temperaturę samej substancji (termometrem oporowym) w czasie ogrzewania aż do chwili wybuchu.

W podobny sposób badał Tucholski[1]) przemiany, jakim podlegają pikryniany różnych metali w czasie ogrzewania ich w wydrążeniu bloku miedzianego mierząc (termoparą) zarówno temperaturę bloku miedzianego jak również temperaturę samej substancji.

Bardzo dokładne badania wpływu różnych czynników, jak szybkość ogrzewania i wielkość ogrzewanych próbek na uzyskiwane wyniki, wykonali Tammann i Kröger.[2])

W badaniach swych autorzy mierzyli jedynie temperaturę badanej substancji stosując do tego termoparę.

Część doświadczalna.

W pomiarach naszych próbki badanych substancyj umieszczone w probówkach podgrzewano w ten sposób, że dolną część probówki pogrążano w stopie Wooda ogrzanym do temperatury 200° lub (w przypadku łatwiej wybuchających substancyj, jak estry kwasu azotowego, tetryl, heksogen) do 150°.

Temperaturę stopu Wooda podnoszono z szybkością 10° na minutę. Pomiaru temperatury łaźni dokonywano zwykłym termometrem.

Poza tym mierzono termometrem temperaturę samej substancji. W ten sposób można było śledzić nie tylko temperaturę pobudzającą (zewnętrzną, temperaturę łaźni) lecz również przemiany termiczne zachodzące w badanej substancji. Ze względu jednak na braki, jakie posiada termometr jako przyrząd pomiarowy (duże opóźnienie pokazań), pokazania temperatury wewnętrznej należy traktować jako orientacyjne.

To też w dalszym opisie podajemy jedynie temperaturę pobudzającą zewnętrzną, tym bardziej że wyniki uzyskane na skutek obserwowania temperatury wewnętrznej niewiele różnią się od wyników przy odczytywaniu temperatury zewnętrznej.

Nitrozwiązki aromatyczne.

Uzyskane wyniki daje się streścić w tablicy II, (i rys. 2) w której podajemy temperaturę pobudzenia różnych nitrozwiązków w zależności od domieszki siarki. Widzimy, że obecność siarki wyraźnie wpływa na nitrozwiązki w kierunku obniżenia ich temperatury pobudzenia.

---

[1]) T. Tucholski. Roczniki Chem. *12*, 58 (1932).

[2]) Tamman i Kröger. Z. anorg. Chem. *169*, 1 (1928).

Rozmaite nitrozwiązki wykazują największe obniżenie temperatury pobudzenia pod wpływem różnych zawartości siarki. Pod tym względem szczególnie wrażliwe są nitrofenole (kwas pikrynowy, trójnitrokrezol).

Tablica II.

% zawartości siarki	s—trójnitrobenzen	α—trójnitrotoulen (trotyl)	γ—trójnitrotoulen	kwas pikrynowy	Trójnitro — m — krezol
0	ponad 400	333	321	330	299
1	—	326	317	294	287
2	—	318	311	262	273e[1])
3	—	313	305	254	264e
4	—	307	301	252	262e
5	—	304e[1])	297	251	261e
7	389	—	—	—	—
8	369	—	—	—	—
10	355	296e	276	247	256e
15	308	—	—	—	—
20	298	284	270	247	255
30	291	275	268	247	255
40	291	—	—	—	—

Tablica III.

% zawartości siarki	Tetryl	Heksogen	Nitroguanidyna[2])
0	203	229	243
1	201	230	—
2	198	233	—
3	196	234	—
4	195	236	—
5	194	238	240
10	192	243	243
20	192	247	242
30	192	245	246

[1]) Litera „e" oznacza tu rozkład bardzo gwałtowny połączony z eksplozją.

[2]) Doświadczenia wykonane przez T. Urbańskiego i S. Piotrowskiego.

Obniżenie temperatury pobudzenia jest w przypadku nitrofenoli szczególnie wyraźne. Tak więc kwas pikrynowy pod wpływem domieszki 3% siarki ulega obniżeniu temperatury pobudzającej o 76^0. Zwiększenie następnie dodatku siarki nie wpływa wyraźnie na obniżenie temperatury pobudzenia.

Nitrowe pochodne węglowodorów ulegają wpływowi siarki w stopniu słabszym. Obniżenie temperatury pobudzającej jest tu w znacznym stopniu zależne od zawartości siarki i stopniowo staje się co raz większe w miarę wzrostu domieszki siarki. Minimum temperatury osiąga się dopiero w pobliżu 20% zawartości siarki (porówanie obniżenia temperatury w przypadku różnych mat. wyb. podaje tablica IV).

Jednak obecność siarki nie tylko wywołuje obniżenie temperatury pobudzającej nitrozwiązku, ale zarazem powoduje wzrost gwałtowności rozkładu wybuchowego przy ogrzewaniu. Daje się to zauważyć szczególnie w przypadku trójnitrokrezolu (2 — 10% S) oraz trotylu (5 — 10% S). Niejednokrotnie wybuch jest tak gwałtowny, że powoduje rozbicie probówki, w której wykonywuje się doświadczenie.

Nitroaminy.

Zbadano nitroaminy: heksogen, nitroguanidynę oraz tetryl jako przedstawiciela nitrozwiązków i zarazem nitroamin. Wyniki zebrane są na tablicy III. i na rys. 2.

Tetryl w nieznacznym tylko stopniu ulega ujemnemu wpływowi siarki, natomiast heksogen zdaje się wykazywać zjawisko odwrotne: wzrostu temperatury pobudzenia pod wpływem obecności siarki.

Na nitroguanidynę siarka nie wywiera dostrzegalnego wpływu.

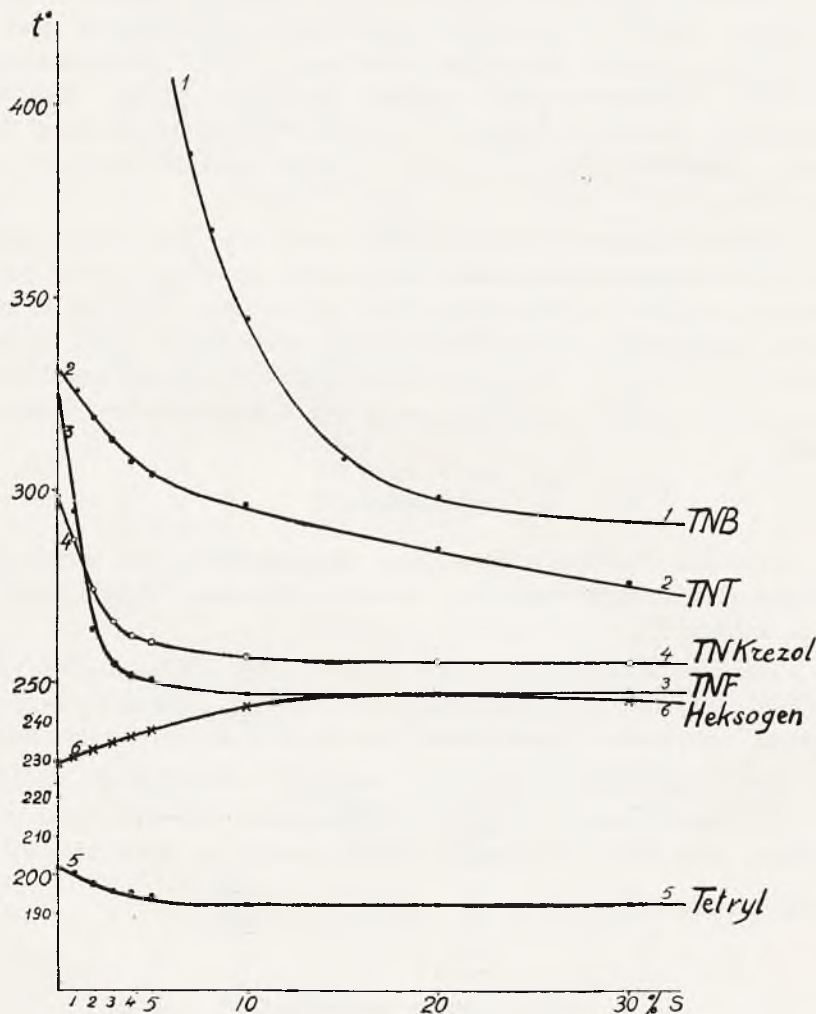
Wydaje się więc, że grupa nitroaminowa $—N—NO_2$ wykazuje znaczną odporność na działanie siarki nawet w razie sąsiedztwa grupy metylowej, co mamy w tetrylu $\left| —N\begin{smallmatrix} \diagup CH_3 \\ \diagdown NO_2 \end{smallmatrix} \right|$.

Estry kwasu azotowego.

Zbadaliśmy wpływ siarki na pentryt (czteroazotan pięcioerytrytu), a dla porównania zachowania się tego estru, mającego charakterystyczną budowę ze środkowym atomem węgla, zbadaliśmy również wpływ siarki na nitroerytryt (czteroazotan erytrytu).

Działanie siarki na te estry jest względnie słabe, chociaż podobne do działania, jakie siarka wywiera na nitrozwiązki.

Tak więc pentryt czysty ulega pobudzeniu w temperaturze łaźni 209°, w obecności zaś siarki (w różnych ilościach od 1 do 20%) temperatura ta wynosi 200—204°.



Rys. 2.

W przypadku nitroerytrytu działanie siarki jest silniejsze: czysty nitroerytryt wybucha gwałtownie (eksplozja) przy temperaturze

206°. Mieszaniny nitroerytrytu z różnymi zawartościami siarki wybuchają w temp. 190°, jednak intensywność wybuchu jest mniejsza.

Wyniki badań można przedstawić sumarycznie na tabl. IV, która podaje największe obniżenie (lub podwyższenie) temperatury pod wpływem domieszki siarki.

Tablica IV

	Największa zmiana temp. pobudzenia
Trójnitrobenzen	— ponad 110°
α — Trójnitrotoluen (trotyl)	— 58°
γ — Trójnitrotoluen	— 53°
Kwas pikrynowy	— 83°
Trójnitro-m-krezol	— 44°
Tetryl	— 11°
Heksogen	+ 18°
Nitroguanidyna	0 (w granicach błędu doświad.)
Pentryt	— 9°
Nitroerytryt	— 16°

Streszczenie.

1) Zbadano wpływ siarki na temperaturę pobudzenia substancji wybuchowych. Znaleziono, że siarka obniża znacznie temperaturę pobudzenia trójnitrobenzenu, kwasu pikrynowego, α—trójnitrotoluenu, γ—trójnitrotoluenu, trójnitrokrezolu (substancje te uszeregowane są w kierunku malejącego działania obniżającego temperaturę pobudzania).

Słabiej siarka obniża temperaturę pobudzenia tetrylu, pentrytu i nitroerytrytu. Na nitroguanidynę nie oddziaływa, a temperaturę pobudzenia heksogenu podnosi.

2) Znaleziono, że siarka wpływa uczulająco na wrażliwość trotylu wobec uderzenia, przy czym uczulenie jest najsilniejsze przy zawartości ok. 10% siarki.

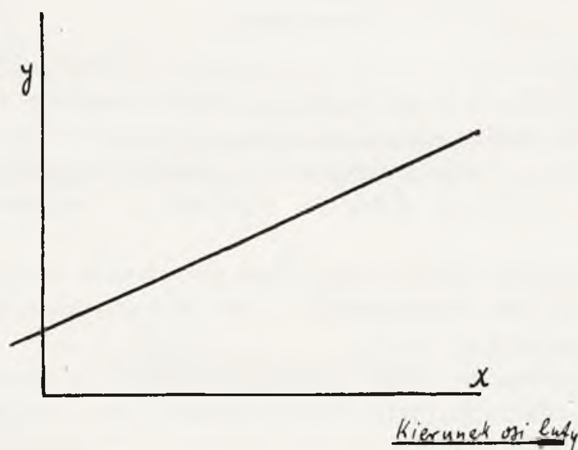
531.575 : 613.423.6

Inż. W. MATYNIA

ZALEŻNOŚĆ MOMENTU OBROTOWEGO POCISKU OD KSZTAŁTU GWINTU LUFY

Rozważania tu przedstawione mają na celu znalezienie takiego kształtu dla krzywej rozwinięcia gwintu lufy, przy którym gwint pracowałby w możliwie najkorzystniejszych warunkach. Polepszenie warunków pracy gwintu powinno zwiększyć ilość strzałów, którą możemy oddać z pewnej lufy.

Gwint lufy możemy rozwinąć na płaszczyźnie; otrzymamy wówczas w układzie spółrzędnych prostokątnych x y prostą lub krzywą — zależnie od tego, czy rozwijamy gwint o skoku stałym, czy o skoku zmiennym (rys. 1 i 2).

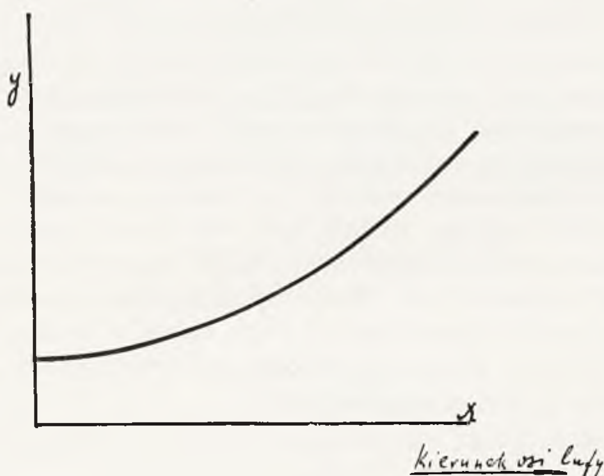


Rys. 1.

Oznaczmy przez v szybkość postępową pocisku w pewnym miejscu lufy, a przez v_{ob} szybkość obwodową na powierzchni pocisku w tym samym miejscu lufy. Zachodzi wówczas zależność:

$$v_{ob} = v \frac{dy}{dx},$$

gdzie $\frac{dy}{dx}$ oznacza pierwszą pochodną krzywej rozwinięcia gwintu. Dla gwintu o skoku stałym $\frac{dy}{dx}$ będzie wielkością stałą, dla gwintów zaś o skoku zmiennym — będzie wielkością zmienną.



Rys. 2.

Różniczkując poprzednie równanie względem czasu otrzymamy przyspieszenie na obwodzie pocisku, które oznaczmy przez a_{ob}

$$a_{ob} = \frac{dv_{ob}}{dt} = \frac{dv}{dt} \cdot \frac{dy}{dx} + v \frac{d^2y}{dx^2} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} \cdot \frac{dy}{dx} + v^2 \frac{d^2y}{dx^2} =$$

$$= v \cdot \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dy}{dx} + v^2 \cdot \frac{d^2y}{dx^2}$$

Otrzymaliśmy podstawowe równanie, które jest słuszne dla gwintu o skoku stałym oraz dla gwintu o skoku zmiennym. W przypadku gwintu o skoku stałym krzywa rozwinięcia gwintu przedstawia się jako linia prosta (rys. 1); dla linii prostej pierwsza pochodna, czyli $\frac{dy}{dx}$, ma wartość stałą, druga pochodna równa się zeru, wobec czego wyraz $v^2 \frac{d^2y}{dx^2}$ równa się zeru. A zatem dla gwintu o skoku sta-

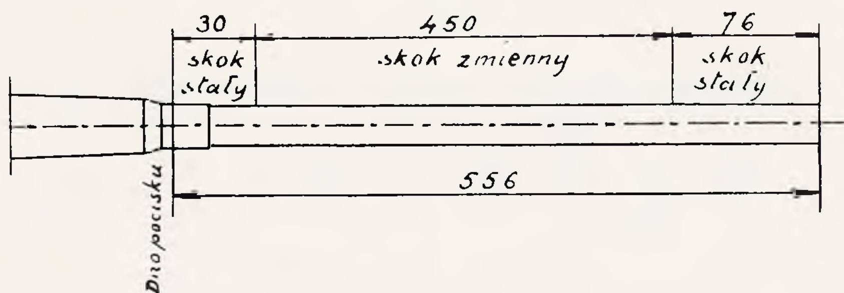
łym wyrażenie na przyspieszenie obwodowe upraszcza się i przybiera postać

$$a_{ob} = v\frac{dv}{dx} \cdot \frac{dy}{dx} = a \cdot \frac{dy}{dx} = a \operatorname{tg} \alpha$$

Dla gwintu o skoku zmiennym rozwinięcie gwintu przedstawia się jako krzywa (rys. 2); w tym wypadku będziemy mieli pierwszą i drugą pochodną, a więc wyrażenie na przyspieszenie obwodowe będzie się składało z dwóch członów wypisanych poprzednio.

Należy zauważyć, że siła obracająca pocisk, a więc i siła cisnąca na gwint jako ta sama siła, tylko odwrotnie skierowana—jest wprost proporcjonalna do przyspieszenia obwodowego a_{ob}. Ze względu na zużycie gwintu interesuje nas właśnie siła działająca na gwint; ponieważ nie chodzi nam jednak o jej liniową wielkość, lecz tylko o charakter jej zmiany wzdłuż osi lufy oraz o porównanie jej w przypadkach różnych gwintów — dlatego możemy w dalszych rozumowaniach zajmować się tylko przyspieszeniem obwodowym a_{ob}, wiedząc, że charakter przebiegu sił i ich stosunki między sobą będą takie, jak charakter przebiegu przyspieszeń obwodowych a_{ob} i jak stosunki między tymi przyspieszeniami.

Załóżmy że gwint ma się zmieniać jak na wskazanym rysunku 3-cim:



Rys. 3.

Obliczmy tg kąta pochylenia nitki w lufie o kalibrze 7,9 mm przy skoku 240 mm

$$\text{średnia średnica: } \frac{8{,}235 + 7{,}92}{2} = 8{,}077 \text{ mm}$$

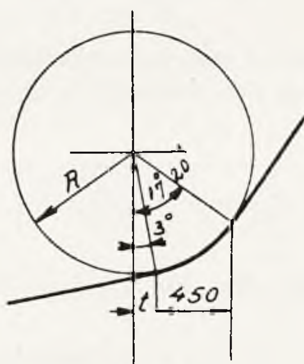
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{8{,}077 \,.\, 3{,}14}{240} = 0{,}10567$$

Ażeby w lufie wykonać gwint o pochyleniu takim, jak obliczony powyżej tangens, należy skręcić prowadnicę przeciągacza o kąt $17^0\,20'$

$$\mathrm{tg}\ 17^0\,20' = 0{,}31210$$

stosunek tangensów $\zeta = \frac{0{,}31210}{0{,}10567} = 2{,}95353$ jest przekładnią maszyny.

Części gwintu o skoku zmiennym będzie odpowiadała jakaś krzywa na prowadnicy maszyny. Robię założenie, że tą krzywą na prowadnicy maszyny ma być koło. Skokom stałym na wlocie i na wylocie odpowiadają na prowadnicy maszyny dwie styczne do koła, jedna pod kątem $17^0\,20'$ druga — zakładam, że ma tworzyć z osią maszyny 3^0, co da nam na wlocie lufy pochylenie gwintu około 1^0.



Rys. 4.

Obliczenie promienia koła na prowadnicy maszyny (rys. 4):

$$R \,.\, \sin 17^0\,20' - R \,.\, \sin 3^0 = 450 \text{ mm}$$

$$\text{stąd } R = \frac{450}{\sin 17^0\,20' - \sin 3^9} = \frac{450}{0{,}29793 - 0{,}05234} = 1832{,}3 \text{ mm}$$

Koło na prowadnicy maszyny da nam w lufie nitkę, która w rozwinięciu będzie elipsą. Półoś większa tej elipsy będzie równa promieniowi znalezionego koła.

$$a = R = 1832{,}3 \text{ mm}$$

Półoś mniejsza:

$$b = \frac{1832{,}2}{2{,}95353} = 620{,}4 \text{ mm}$$

Wielkość t z poprzedniego rysunku wynosi:

$$t = 1832{,}3 \,.\, \sin 3^0 = 1832{,}3 \,.\, 0{,}05234 = 95{,}90 \text{ mm}$$

Przesunięcie osi $y - y$ względem środka elipsy:

$$r = 95{,}90 - 30 = 65{,}90 \text{ mm}$$

Równanie elipsy:

$$\frac{(x + 65{,}90)^2}{1831{,}3^2} + \frac{y^2}{620{,}4^2} = 1$$

$x = 0$ wzięto w miejscu lufy, gdzie znajduje się dno pocisku.

Widzieliśmy poprzednio, że do wzoru na przyspieszenie a_{ob} wchodzi pierwsza i druga pochodna krzywej przedstawiającej rozwinięty gwint. Jako tę rozwiniętą krzywę otrzymaliśmy obecnie elipsę.

Przechodząc z mm na metry, przekształcając i spostrzegając, że nam odpowiada tylko ujemna wartość y, otrzymujemy z równania tej elipsy:

$$y = -\sqrt{\left[1 - \frac{(x + 0{,}06590)^2}{1{,}8323^2}\right] 0{,}6204^2} =$$

$$= -\frac{1}{2{,}95353}\sqrt{1{,}8323^2 - (x + 0{,}06590)^2} = -c\sqrt{d - (x + e)^2}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{c\,(x + e)}{\sqrt{d - (x + e)^2}} = \frac{0{,}33858\,(x + 0{,}0659)}{\sqrt{3{,}35732 - (x + 0{,}0659)^2}}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{c\left[\sqrt{d - (x + e)^2} = \frac{(x + e)^2}{\sqrt{d - (x + e)^2}}\right]}{d - (x + e)^2} = \frac{c \,.\, d}{[d - (x + e)^2]^{3/2}} =$$

$$= \frac{0{,}33858 \,.\, 3{,}35732}{[3{,}35732 - (x + 0{,}0659)^2]^{3/2}} = \frac{1{,}13672}{[3{,}35732 - (x + 0{,}0659)^2]^{3/2}}$$

Po podstawieniu na x wartości szczegółowych otrzymamy:

x	0,030	0,140	0,255	0,365	0,480	m
$\frac{dy}{dx}$	0,01774	0,03829	0,06023	0,08192	0,10567	
$\frac{d^2y}{dx^2}$	0,18555	0,18834	0,19262	0,20125	0,21243	$\frac{1}{m}$

Do wzoru na przyspieszenie obwodowe pocisku a_{ob} wchodzi szybkość postępowa pocisku v. Zakładając, że mamy gwint o skoku stałym, metodą Cranza obliczamy szybkość pocisku i ciśnienie w lufie w funkcji drogi dna pocisku.

Oznaczenia:

ciężar pocisku $G = 10 \cdot 10^{-3}$ kg,

ciężar ładunku $Ł = 2{,}95 \cdot 10^{-3}$ kg,

kaliber $3\,R = 0{,}0079$ m,

ρ promień bezwładności pocisku w m,

$\frac{\rho^2}{R^2}$ mało się zmienia; $\frac{\rho^2}{R^2} \simeq 0{,}6$,

ν współczynnik tarcia pocisku w lufie; $\nu \simeq 0{,}176$,

α_2 kąt gwintu w lufie,

m_r masa cofających się części.

Zredukowana masa pocisku:

$$\mu = \frac{m' \cdot m_r}{m' + m_r}$$

$$\text{gdzie } m' = \frac{G}{9{,}81}\left(1 + 0{,}5\,\frac{Ł}{G}\right) \cdot \left[1 + \frac{\rho^2}{R^2} \cdot \operatorname{tg}\alpha_2 \cdot \frac{\operatorname{tg}\alpha_2 + \nu}{1 - \nu \cdot \operatorname{tg}\alpha_2}\right]$$

Przyjmuję $\mu = 1{,}2 \cdot 10^{-3}$ jak dla przykładu obliczonego u Cranza.

szybkość wylotowa $v_e = 820$ m/sek.,

ciśnienie maksymalne $p_1 = 3200$ kg/cm^2,

przekrój przelotu lufy $q = 0{,}511$ cm^2,

długość drogi dna pocisku $x_e = 0{,}556$ m,

$$\text{Obliczam } A_6 = \frac{\mu \cdot v_e^2}{2 p_1\, q\, x_e} = \frac{1{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot 820^2}{2 \cdot 3200 \cdot 0{,}511 \cdot 0{,}556} = 0{,}444$$

$\frac{x}{x_1}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
x mm	12,3	24,6	36,9	49,2	73,8	98,4	123	148	172	197
p kg/cm^2	640	1312	1952	2432	2944	3136	3200	3027	2784	2554
v m/sek.	59,8	119,6	175,0	222	303	367	427	474	512	551

$\frac{x}{x_1}$	1,8	2,0	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	4,53
x mm	221	246	271	320	369	418	467	517	556
p kg/cm²	2339	2141	1958	1638	1382	1181	1021	886	797
v m/sek.	581	611	636	679	713	747	781	803	820

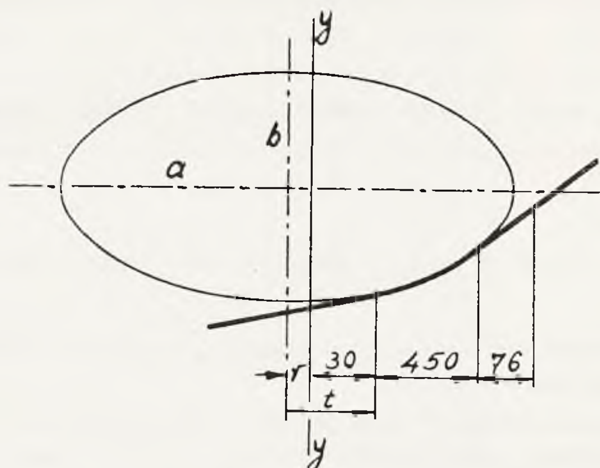
Otrzymane wartości na p i v w funkcji drogi x nanoszę na wykres, $x = 0$ odpowiada położeniu denka pocisku przed strzałem (rys. 6).

Z wykresu dla zadanych x otrzymuję $\frac{dv}{dx}$ i v

x m	0,015	0,030	0,140	0,255	0,365
v m/sek.	74	144,6	459	620	711,6
$\frac{dv}{dx} \frac{1}{\text{sek}}$	5060	4380	1880	1034	710
$v \frac{dv}{dx}$ m/sek²	374440	633348	862920	611080	505236
v^2 m²/sek²	5476	20909	210681	384400	506375
x m	0,480	0,500	0,520	0,540	0,556
v m/sek.	763,6	794	804,2	812,8	820
$\frac{dv}{dx} \frac{1}{\text{sek}}$	560	520	470	430	405
$v \frac{dv}{dx}$ m/sek²	427616	412880	377974	349504	332100
v^2 m²/sek²	583085	630436	646738	660644	672400

Mamy teraz wszystkie dane dla obliczenia przyspieszenia a_{ob} według wzoru podanego poprzednio:

$$a_{ob} = v \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dy}{dx} + v^2 \frac{d^2y}{dx^2}$$



Rys. 5.

x m	0,015	0,030	0,030	0,140	0,255	0,365
a_{ob} m/sek²	6643	11236	15116	72721	113040	143207
x m	0,480	0,480	0,500	0,520	0,540	0,556
a_{ob} m/sek²	169051	45186	43620	39941	36932	35093

Otrzymane przyspieszenia a_{ob} nanosimy na wykres (rys. 6).

Celem umożliwienia porównania otrzymanych przyspieszeń obwodowych a_{ob} przy gwincie postępowym z przyspieszeniami obwodowymi przy gwincie o skoku stałym, obliczam przyspieszenia a_{ob} dla skoku stałego = 240 mm.

Dla wykonania obliczenia posłużymy się wyprowadzonym poprzednio wzorem:

$$a_{ob} = v \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dy}{dx}$$

Obliczone poprzednio $\frac{dy}{dx} = 0{,}10567$

x m	0,015	0,030	0,140	0,255	0,365
a_{ob} m/sek^2	39567	66926	91185	67743	53388
x m	0,480	0,500	0,520	0,540	0,556
a_{ob} m/sek^2	45186	43629	39941	36932	35093

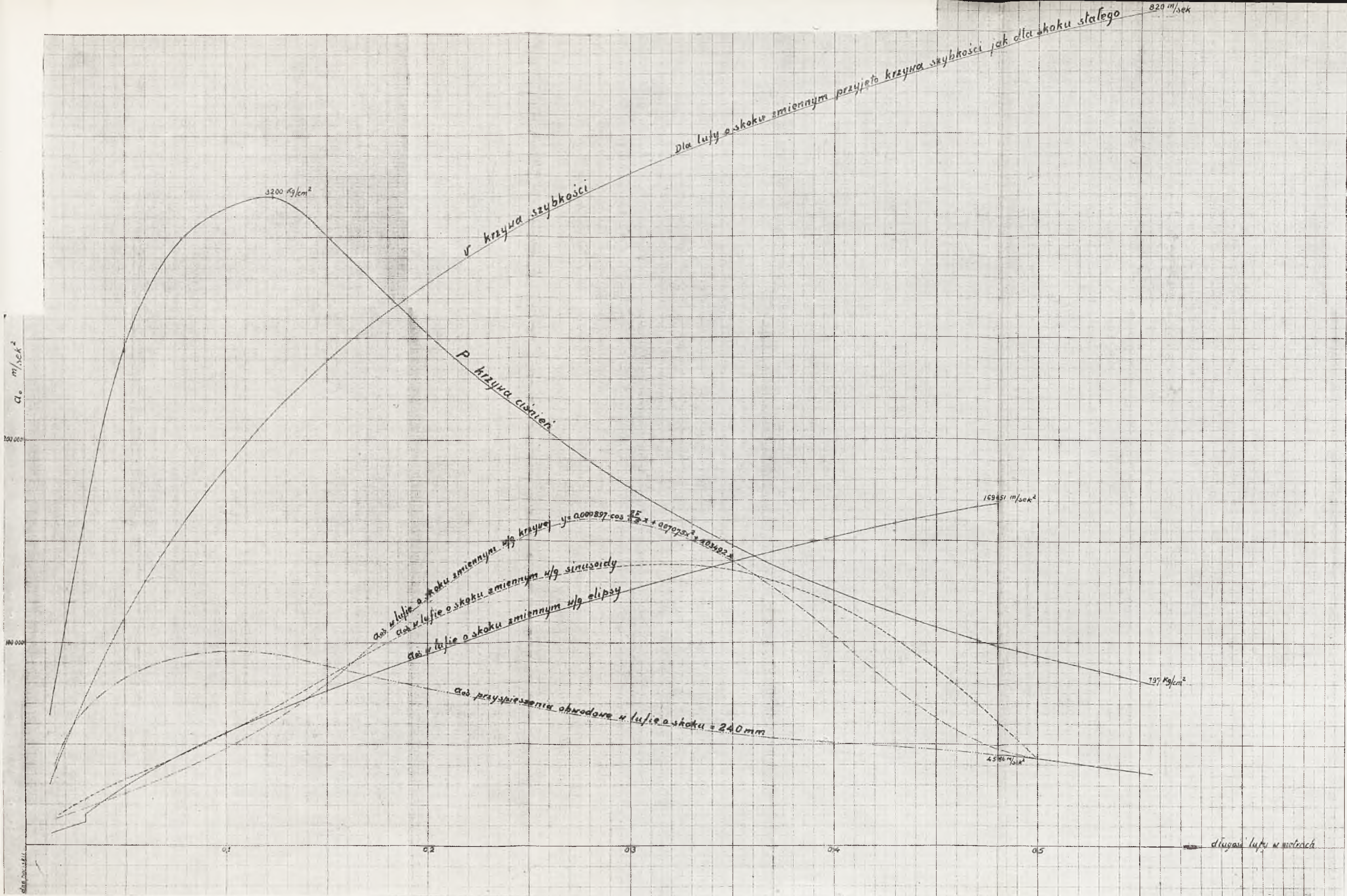
Otrzymane wartości przyspieszenia a_{ob} przy stałym skoku gwintu nanosimy na tenże wykres.

Z wykresu widzimy teraz przyśpieszenia ruchu obrotowego na obwodzie pocisku przy gwincie o skoku stałym i zmiennym, Przy gwincie o skoku stałym przyśpieszenia a_{ob} w części lufy bliskiej komory osiągają bardzo znaczne wartości, ich maksimum występuje w miejscu maksymalnego ciśnienia. W dalszej części lufy, już za punktem maksymalnego ciśnienia, przyśpieszenia omawiane maleją.

Przyśpieszenia te wywołane są siłami, które są proporcjonalne do ciśnień. Możemy więc powiedzieć, że siły ścinające gwint lufy (na skutek ruchu obrotowego pocisku) osiągają swe maksymalne wartości od komory nabojowej do punktu maksymalnego ciśnienia. Jednocześnie w tym samym miejscu mamy najwyższą temperaturę i najwyższe ciśnienie. Oczywiście w tych warunkach zużycie lufy w pobliżu komory nabojowej następuje bardzo szybko. Po częściowym zużyciu gwintu w pobliżu stożka przejściowego, pocisk ma możność posuwania się ruchem postępowym, chwilowo bez ruchu obrotowego; po pewnej drodze trafia na gwint, który zmusza go do obrotu—w tej chwili wystąpią siły znacznie większe niż wynikające z obliczonych przyśpieszeń a_{ob}. Wobec tego zużycie gwintu pójdzie jeszcze szybciej. Przy dalszym zużyciu pocisk mając szybkość postępową i trafiając na gwint, dozna tak dużych przyśpieszeń obrotowych, że płaszcz jego może zostać zniszczony.

Należy więc w miejscu, gdzie gwint lufy jest w najcięższych warunkach, a więc w pobliżu komory i miejsca maksymalnego ciśnienia — nie wymagać od nitek gwintu maksymalnej pracy.

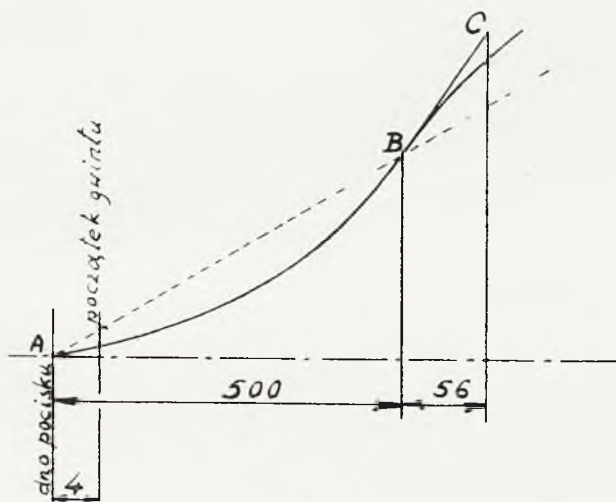
Złagodzić pracę gwintu możemy stosując gwint postępowy. W przeliczonym poprzednio przykładzie gwint w rozwinięciu przedstawia się na długości 26 mm od szyjki łuski jako prosta nachylona pod kątem 1^0 do osi lufy. Prosta ta w sposób styczny prze-



820 m/sek
Dla lufy o skoku zmiennym przyjęto krzywą szybkości jak dla skoku stałego
3200 Kg/cm²
v krzywa szybkości
a₀ m/sek²
P krzywa ciśnień
169451 m/sek²
a₀₅ w lufie o skoku zmiennym w/g krzywej y = 0.000897 · cos ... x + 0.07075x² + 0.03492 x
a₀₅ w lufie o skoku zmiennym w/g sinusoidy
a₀₅ w lufie o skoku zmiennym w/g elipsy
a₀₅ przyspieszenia obwodowe w lufie o skoku = 240 mm
797 Kg/cm²
4586 m/sek²
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
długość lufy w metrach

chodzi w elipsę. Elipsa u wylotu przechodzi w prostą, styczną do niej i nachyloną do osi lufy pod kątem 6^0.

Gwint ten w pobliżu komory i miejsca maksymalnego ciśnienia daje nam małe przyśpieszenia obrotowe, a więc i małe naciski na nitki gwintu. Jest to jego zaletą. Wadą jego jest to, że w miejscach przejścia prostej na elipsę i z elipsy na prostą otrzymujemy nagłe zmiany przyśpieszenia (nie uwzględniamy tu oczywiście długości pocisku). Zjawisko to było do przewidzenia, można było jednak sądzić, że zmiana przyśpieszenia, chociaż nagła, nie będzie jednak duża. W rozpatrywanym przykładzie przyśpieszenie maleje nagle około czterech razy.



Rys. 7.

Ponieważ poprzednia krzywa rozwinięcia gwintu nam nie odpowiada, gdyż daje nagłe zmiany nacisków między gwintem a pociskiem, więc robimy nowe założenie. Krzywa rozwinięcia gwintów ma być *sinusoidą* [1]). Na rysunku 7 widzimy, że poczynając od punktu *A*, który odpowiada denku pocisku, aż do punktu *B* odległego od *A* o 500 mm krzywa rozwinięcia ma być sinusoidą, przy czym od *A* do *B* ma się znajdować pół okresu sinusoidy, to znaczy że w punktach *A* i *B* mamy przegięcia sinusoidy. Styczna do sinusoidy w punkcie *A* ma tworzyć z kierunkiem osi lufy kąt 2^0, czyli $tg = 0{,}03492$. Styczna do sinusoidy w punkcie *B* ma tworzyć z osią

[1]) p. Wiad. Tech. Artyl. 1931 r. str. 1037.

lufy kąt, którego $tg = 0,10567$, co odpowiada kątowi około 6^0. Styczna ta ma być dalszym ciągiem krzywej rozwinięcia gwintu, a więc od B do C, czyli na długość 56 mm będziemy mieli skok gwintu stały, odpowiadający 240 mm.

Ogólne równanie naszej sinusoidy.

$$y = a \,.\, \sin\left(\frac{\pi}{0,5} \cdot x\right) + b\,x$$

Po zróżniczkowaniu:

$$\frac{dy}{dx} = a \left[\cos\left(\frac{\pi}{0,5} \cdot x\right)\right] \cdot \frac{\pi}{0,5} + b$$

Z warunków brzegowych znajdujemy a i b:

$$\text{dla } x = 0;\ \frac{dy}{dx} = 0,03492 = a \,.\, \frac{\pi}{0,5} + b$$

$$\text{dla } x = 0,5;\ \frac{dy}{dx} = 0,10567 = - a \frac{\pi}{0,5} + b$$

Dodając i odejmując ostatnie równości otrzymamy:

$$b = 0,070295$$

$$a = - 0,005633$$

A zatem równanie naszej sinusoidy przyjmie postać:

$$y = - 0,005633 \,.\, \sin\left(\frac{\pi}{0,5} \cdot x\right) + 0,070295$$

$$\frac{dy}{dx} = - 0,005633 \left[\cos\left(\frac{\pi}{0,5} \cdot x\right)\right] \cdot \frac{\pi}{0,5} + 0,070295 =$$

$$= - 0,035375 \,.\, \cos 360^0 \,.\, x + 0,070295$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = + 0,035375 \left|\sin\left(\frac{\pi}{0,5} \cdot x\right)\right| \cdot \frac{\pi}{0,5} = 0,222155 \,.\, \sin 360^0 \,.\, x$$

Obliczone wartości pochodnych ujęte są w tabelkę:

x_m	0	0,015	0,030	0,090	0,140	0,200
$\frac{dy}{dx}$	0,03492	0,03508	0,03555	0,04043	0,04775	0,05936
$\frac{d^2y}{dx^2}\ \frac{1}{m}$	0	0,02091	0,04163	0,11904	0,17117	0,21128
x_m	0,255	0,310	0,365	0,425	0,480	0,500
$\frac{dy}{dx}$	0,07141	0,08332	0,09369	0,10181	0,10539	0,10567
$\frac{d^2y}{dx^2}\ \frac{1}{m}$	0,22205	0,20655	0,16664	0,10086	0,02784	0

Dla zagęszczenia punktów na wykresie dodatkowo obliczam wartości $v \cdot \frac{dv}{dx}$ i v^2

x_m	0,090	0,200	0,310	0,425
v m/sek	347,2	555	670,4	750,6
$\frac{dv}{dx}\ \frac{1}{\text{sek}}$	2600	1372	811	625
$v\frac{dv}{dx}$ m/sek^2	902720	761460	543694	469125
v^2 m^2/sek^2	120548	308025	449436	563400

Posługując się wzorem:

$$a_{ob} = v \cdot \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dy}{dx} + v^2 \frac{d^2y}{dx^2}$$

oraz wartościami na $v\frac{dv}{dx}$ i v^2 obliczonymi poprzednio, otrzymamy a_{ob}

x_m	0,015	0,030	0,090	0,140	0,200	0,255
a_{ob} m/sek²	13250	23386	50847	77266	110280	131136
x_m	0,310	0,365	0,425	0,480	0,500	
a_{ob} m/sek²	138132	131718	104587	61299	43629	

Krzywa rozwinięcia gwintu w postaci sinusoidy dała nam w miejscu $x = 0,5$, czyli w punkcie styczności sinusoidy i prostej, wykres przyśpieszeń a_{ob} z załamaniem. Siły na gwincie powstałe na skutek przyśpieszenia pocisku w okolicy $x = 0,5$ będą się zmieniały jak przyśpieszenia a_{ob}. Taka zmiana sił jeszcze nas całkowicie nie zadawalnia.

Znajdziemy teraz taką krzywą rozwinięcia gwintu lufy, dla której przyśpieszenia a_{ob} przy przejściu ze skoku zmiennego na skok stały będą się zmieniały w sposób ciągły.

Od punktu $x = 0$ do $x = 0,5$ m skok ma być zmienny; dalej, to znaczy od $x = 0,5$ m aż do wylotu lufy, skok ma być stały, przy czym tg kąta pochylenia nitki gwintu ma być równy $tg = 0,10567$, co odpowiada skokowi 240 mm.

Dla $x = 0$ kąt pochylenia nitki gwintu ma być 2^0; $tg\ 2^0 = 0,03492$, druga zaś pochodna krzywej rozwinięcia gwintu dla $x = 0$ ma być równa zeru, co da nam na początku gwintu słaby wzrost a_{ob}.

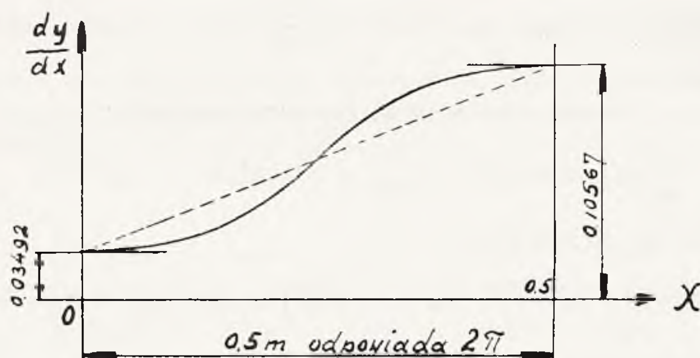
Ażeby zapewnić sobie ciągłą zmianę przyśpieszenia a_{ob} przy przejściu pocisku ze skoku zmiennego na stały, żądamy, aby w punkcie $x = 0,5$ m były spełnione następujące warunki:

$$\frac{dy}{dx} = 0,10567$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 0$$

$$\frac{d^3y}{dx^3} = 0$$

Założmy, że pierwsza pochodna krzywej rozwinięcia gwintu będzie sinusoidą o postaci (Rys. 8).



Rys. 8.

$$\frac{dy}{dx} = a \sin \frac{2\pi}{0,5} x + bx + c$$

Dla $x = 0$; $\frac{dy}{dx} = 0,03462$, stąd $c = 0,03492$

Dla $x = 0,5$; $\frac{dy}{dx} = 0,10567$, czyli $b.\ 0,5 + 0,03492 = 0,10567$, stąd $b = 0,14150$.

Podstawiając znalezione wartości c i b do funkcji $\frac{dy}{dx}$ otrzymamy:

$$\frac{dy}{dx} = a \sin \frac{2\pi}{0,5} x + 0,14150\ x + 0,03492$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = a\ \frac{2\pi}{0,5} \cdot \cos \frac{2\pi}{0,5} x + 0,14150$$

Druga pochodna szukanej krzywej dla $x = 0$ i dla $x = 0,5$ ma być równą zeru.

Dla $x = 0$ i $x = 0,5$; $\frac{d^2y}{dx^2} = a \cdot \frac{2\pi}{0,5} + 0,14150 = 0$

stąd $a = -\frac{0,14150.0,5}{2\pi} = -0,01127$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -0,14150\ .\ \cos \frac{2\pi}{0,5} x + 0,14150$$

Znajdujemy trzecią pochodną:

$$\frac{d^3y}{dx^3} = 0,14150\ \cdot \frac{2\pi}{0,5} \cdot \sin \frac{2\pi}{0,5} x$$

Widzimy, że dla $x = 0$ i $x = 0{,}5$; $\frac{d^3y}{dx^3} = 0$, a więc spełnia żądany warunek.

Mamy obecnie wyrażenie na pierwszą pochodną:

$$\frac{dy}{dx} = -0{,}01127 \sin \frac{2\pi}{0{,}5} x + 0{,}14150 \; x + 0{,}03492$$

Całkując otrzymujemy y

$$y = -0{,}01127 \int \sin \frac{2\pi}{2{,}5} x \, . \, dx + 0{,}14150 \int x \, . \, dx + 0{,}03492 \int dx + C$$

Stałą C można pominąć.

$$y = \frac{0{,}01127 . 0{,}5}{2\pi} \cos \frac{2\pi}{0{,}5} x + \frac{0{,}14150}{2} x^2 + 0{,}03492 \; x =$$

$$= 0{,}000897 \, . \cos \frac{2\pi}{0{,}5} x + 0{,}07075 \, x^2 + 0{,}03492 \, x$$

Jest to nasza krzywa rozwinięcia gwintu.

$$\frac{dy}{dx} = -0{,}01127 \sin \frac{2\pi}{0{,}5} x + 0{,}14150 \; x + 0{,}03492$$

$$= -0{,}01127 \sin 720^0 \, . \, x + 0{,}14150 \; x + 0{,}03492$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -0{,}14150 \, . \cos 720^0 \, . \, x + 0{,}14150$$

Dla różnych x obliczamy pierwszą i drugą pochodną; otrzymane wartości umieszczone są w poniższej tabelce:

$x \, m$	0	0,015	0,030	0,090	0,140	0,200	0,255	0,310
$\frac{dy}{dx}$	0,03492	0,03493	0,03502	0,03668	0,04366	0,05660	0,07171	0,08650
$\frac{d^2y}{dx^2} \frac{1}{m}$	0	0,00251	0,00994	0,08125	0,16801	0,25598	0,28272	0,24465

$x \, m$	0,365	0,425	0,480	0,500	0,520	0,540	0,560
$\frac{dy}{dx}$	0,09659	0,10418	0,10564	0,10567	0,10567	0,10567	0,10567
$\frac{d^2y}{dx^2} \frac{1}{m}$	0,20618	0,05833	0,00445	0	0	0	0

Korzystając z poprzednio obliczonych wartości $v \cdot \frac{dv}{dx}$ oraz v^2 obliczamy obecnie a_{ob} (według stosowanego poprzednio wzoru). Wyniki obliczeń są umieszczone w tabelce:

x_m	0,015	0,030	0,090	0,140	0,200	0,255
a_{ob} m/sek^2	13093	22388	42906	73072	121947	154650
x_m	0,280	0,310	0,365	0,425	0,480	0,500
a_{ob} m/sek^3	161053	156985	153205	81736	47768	43629

Otrzymaliśmy wykres przyśpieszeń a_{ob}. Przyśpieszenia te w chwili przejścia pocisku ze skoku zmiennego na skok stały zmieniają się w sposób łagodny.

We wszystkich rozpatrzonych tu przypadkach korzystaliśmy z jednego wykresu v, obliczonego dla gwintu o stałym skoku = 240 mm. Dla każdego innego gwintu wykres szybkości będzie nieco inny. Stąd wynika, że obliczone przyśpieszenia a_{ob} obarczone są pewnym błędem.

Ze względu jednak na małą wartość stosunku energii obrotowej do energii postępowej, szybkość obrotowa mało się zmienia w zależności od zmian energii obrotowej, zatem wykres v możnaby z dużym przybliżeniem użyć do różnych postaci gwintu i błędy stąd powstałe będą małe.

Otrzymaliśmy więc dla krzywej rozwinięcia gwintu o postaci eliptycznej nie ciągłość wykresu a_{ob} w miejscu przejścia od skoku zmiennego do stałego.

Sinusoida w miejscu przejścia od gwintu zmiennego do stałego dała nam załamanie na wykresie a_{ob}.

Ostatnio obliczona krzywa daje nam wykres przyśpieszeń a_{ob} zmieniający się w sposób ciągły, a więc i siły występujące na gwincie też będą się w ten sposób zmieniały, co korzystnie wpłynie na pracę lufy.

Dla skonstruowania krzywki na maszynie, która wykonałaby nam żądany gwint, należy podać spółrzędne punktu krzywej na maszynie. Krzywa ta będzie się różniła od krzywej rozwinięcia gwintu tym, że jej rzędne muszą być pomnożone przez przekładnię maszyny.

Ograniczam się tylko do podania spółrzędnych rozwinięcia krzywej gwintu.

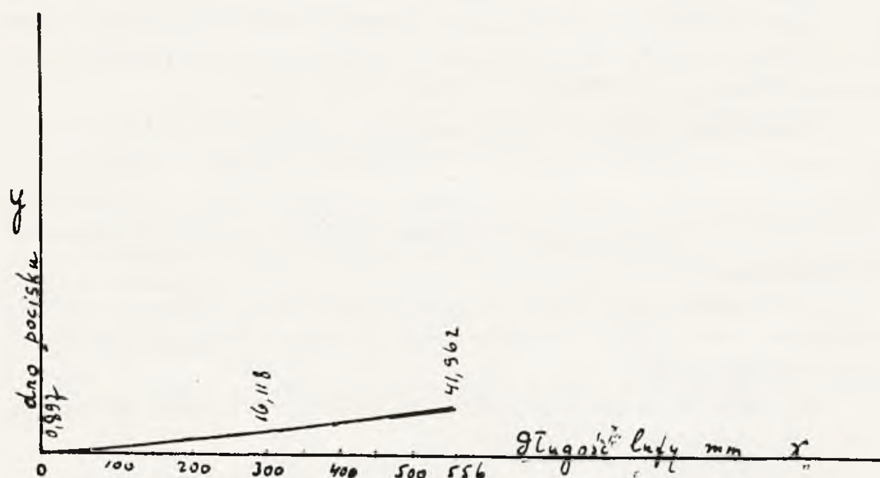
Równanie krzywej:

$$y = 0{,}000897 \,.\, \cos \frac{2\pi}{0{,}5}\, x + 0{,}07075\, x^2 + 0{,}03492\, x$$

Od punktu $x = 0{,}5$ krzywa przechodzi w prostą styczną do niej. Tangens kąta pochylenia tej stycznej wynosi 0,10567:

x_{mm}	0	50	100	150	200	250
y_{mm}	0,897	2,649	4,476	6,553	9,088	12,255
x_{mm}	300	350	400	450	500	556
y_{mm}	16 118	20,612	25,565	30,767	36,044	41,962

Wartości z tabelki zostały naniesione na wykres (rys. 9).



Rys. 9.

Jako uzupełnienie poprzednich obliczeń podaję obliczenie krzywej szybkości v, która będzie odpowiadała ostatnio przeliczonemu gwintowi.

Robię założenie, że w danym punkcie lufy sumy energii ruchu postępowego i obrotowego, tak dla gwintu o skoku stałym, jak i dla

gwintu o skoku zmiennym, będą sobie równe. Założenie to jest słuszne, jeżeli przyjmiemy, że opory tarcia pocisku i jego opór przeciskania w jednym i w drugim wypadku będą sobie równe.

Oznaczmy:

v m/sek. — szybkość ruchu postępowego przy gwincie o skoku stałym,

v_p m/sek. — " " " " " " " zmiennym,

$2\ R\ m$ — kaliber,

m kg sek²/m — masa pocisku,

$J = m \, . \, \rho^2$ — moment bezwładności pocisku względem najdłuższej osi,

$\frac{\rho^2}{R^2}$ — przyjmują równe 0,6 (wg Cranza),

α — kąt pochylenia gwintu o skoku stałym,

α_p — " " " " " zmiennym,

ω — szybkość kątowa pocisku.

Suma energii ruchu postępowego i obrotowego dla gwintu o skoku stałym:

$$\frac{m v^2}{2} + \frac{J \omega^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{m \rho^2}{2} \cdot \frac{v^2 \, tg^2 \, \alpha}{R^2}$$

Analogicznie suma energii przy gwincie o skoku zmiennym:

$$\frac{m v_p^2}{2} + \frac{m \rho^2}{2} \cdot \frac{v_p^2 \, tg^2 \, \alpha_p}{R^2}$$

Według założenia energie te powinny być sobie równe,

$$\frac{m v^2}{2} + \frac{m \rho^2}{2} \cdot \frac{v^2 \, tg^2 \, \alpha}{R^2} = \frac{m v_p^2}{2} + \frac{m \rho^2}{2} \cdot \frac{v_p^2 \, tg^2 \, \alpha_p}{R^2}$$

Przekształcając otrzymujemy:

$$v_p = v \sqrt{\frac{1 + \frac{\rho^2}{R^2} \cdot tg^2 \, \alpha}{1 + \frac{\rho^2}{R^2} \cdot tg^2 \, \alpha_p}}$$

Podstawiając wartości na $tg \, \alpha = 0{,}10567$ i $\frac{\rho^2}{R^2} = 0{,}6$ otrzymujemy:

$$v_p = v \sqrt{\frac{1 + 0{,}6 \, . \, 0{,}10567^2}{1 + 0{,}6 \, . \, tg^2 \, \alpha_p}} = v \sqrt{\frac{1{,}00670}{1 + 0{,}6 \, . \, tg^2 \, \alpha_p}}$$

Największa różnica między v_p i v wystąpi, gdy α_p będzie miało minimalną wartość, czyli gdy $tg\,\alpha_p = 0,3492$, wówczas:

$$v_p = 74 \sqrt{\frac{1,00670}{1 + 0,6 \,.\, 0,03492^2}} = 74 \,.\, 1,003$$

Widzimy, że największa procentowa różnica między szybkością v przy gwincie o skoku stałym a szybkością v_p przy gwincie o skoku postępowym wynosi 0,3%. Zachodzi ona dla $x = 0$. Dla większych wartości x różnica ta maleje i ginie zupełnie przy $x = 0,5$ m. Dla $x > 0,5$ szybkości v i v_p będą identyczne.

Małe różnice szybkości v i v_p wskazują na to, że korzystanie z szybkości v (obliczonej dla gwintu o skoku stałym) przy obliczeniach dla gwintów o skokach zmiennych — jest zupełnie dopuszczalne.

Por. Z. SOWIŃSKI

SPAWANIE ACETYLENO-TLENOWE W ZASTOSOWANIU DO NAPRAW SPRZĘTU ARTYLERYJSKIEGO

1. Wstęp.

Spawanie metali należy obecnie, jak wiadomo, do jednego z najbardziej rozwiniętych działów techniki. Przy czym stosuje się tak spawanie acetyleno-tlenowe jak i elektryczne (łukowe). Oba te sposoby ze względu na ich charakter mają zastosowanie w różnych okolicznościach, chociaż w wielu wypadkach można wykonać spawanie tak jednym, jak i drugim sposobem.

W rozważaniach niniejszych będziemy zastanawiali się nad zastosowaniem spawania acetyleno-tlenowego.

Zajęcie się spawaniem nie jest od rzeczy ze względu na to, że chociaż w obecnym stanie rozwoju stoi ono na wysokim poziomie, to jednak możliwości spawania nie są bynajmniej wyczerpane i dalszy jego rozwój rozszerzy i posunie naprzód ten dział techniki.

Z punktu widzenia napraw sprzętu art. spawanie ma ogromne znaczenie. Zdajemy sobie bowiem sprawę z tego, jak wielkie ilości sprzętu będą brały udział w wojnie w obecnym stanie rozwoju techniki. Sprzęt ten użyty w warunkach ciężkich, przy równoczesnym maksymalnym wykorzystaniu, będzie szybko podlegał uszkodzeniu i tracił na użytkowości. Uszkodzony sprzęt trzeba natychmiast zastąpić nowym lub też naprawić go i to naprawić szybko — bez straty czasu — bo to jest najważniejsze.

Dostarczenie nowego sprzętu art. w wielkich ilościach wymaga ogromnie rozbudowanego przemysłu, znacznych zapasów surowca i kapitałów; a więc, aby wysiłek ten zmniejszyć, należy położyć szczególny nacisk na naprawę sprzętu uszkodzonego i to naprawę—jak wyżej powiedziano — szybką. Musimy czynić wszystko, wyzyskać wszelkie

możliwości w tym kierunku, aby przedłużyć życie działom i sprzętowi pomocniczemu i tu w pierwszym rzędzie nieocenione usługi może oddać spawanie.

Lecz aby naprawiać, trzeba się nauczyć; gdyż dobrze coś naprawić to jest sztuka, a biorąc się do naprawy nieumiejętnie można przedmiot jeszcze bardziej uszkodzić lub też wogóle zniszczyć. Szczególnie ważną i słuszną jest ta uwaga co do spawania, *nie jest bowiem nic łatwiejszego jak uszkodzenie przedmiotu nieumiejętnie spawanego.*

Do spawania musi się podejść dość ostrożnie i przede wszystkim należy gruntownie przestudiować i przyswoić sobie wiadomości teoretyczne, a następnie konieczne jest zdobycie praktyki. W dziedzinie spawania praktyka jest niezbędna nie tylko dla samych spawaczy i majstrów, ale muszą się z nią zapoznać również technicy i inżynierowie kierujący tymi pracami.

Ponadto należy tutaj dodać jeszcze jedną uwagę odnoszącą się do spawaczy, a mianowicie: samo wyszkolenie spawacza, nawet bardzo dobre nie wystarcza, konieczne jest sprawdzanie co jakiś czas jego pracy i umiejętne poprawianie popełnianych przez niego błędów. W artykule „O przygotowaniu kadr spawalniczych" kpt. inż. J. Koziarskiego czytamy... „jak wykazała moja praktyka, najlepszy nawet spawacz, pozostawiony sam sobie, już po kilku miesiącach manieruje się. Jest to zupełnie zrozumiałe: brak podstaw teoretycznych uniemożliwia rozumną samokontrolę"... Osobiście uważam, że spostrzeżenie to jest zupełnie słuszne i wcale nie przesadzone, lecz spostrzec błędy spawacza i poprawić je może kierownik spawalni znający dokładnie nie tylko teorię spawania, lecz mający sam równocześnie w tym kierunku dobrą praktykę.

2. *Zasady stosowania spawania do napraw sprzętu artyleryjskiego.*

Zasady stosowania spawania do napraw sprzętu art. muszą opierać się o pewne dane ściśle określone i nie pozostawiające żadnych niedomówień, ani też nie pozwalające na żadne dowolne tłumaczenie sobie pewnych zjawisk lub też ustalonych sposobów, czy zaleceń.

Trzeba sobie zdać należycie sprawę z tego, że spawanie nie jest czynnością warsztatową łatwą, jak się na pozór wydaje. Tak jak z jednej strony dokonanie jakiejkolwiek naprawy przy pomocy spawania przez dobrego fachowca jest szybkie i łatwe, tak z drugiej strony — bardzo nie trudno jest o uszkodzenie, popełnione przez jakąś niedokładność napozór mało znaczącą lub też wynikłą z nieznajomości zjawisk zachodzących przy spawaniu, czy wreszcie z braku praktyki itp.

Wynika z tego, że spawanie przy naprawie sprzętu powinien wykonywać spawacz mający dostateczne podstawy teoretyczne oraz należytą praktykę, bez której tego rodzaju praca jest chybiona.

Przy naprawie sprzętu art. przez spawanie powinni zasadniczo pracować majstrzy wojskowi-puszkarze z ukończonym specjalnym kursem spawania płomieniem acetyleno-tlenowym w Szkole Uzbrojenia[1]).

Zastanawiając się nad uszkodzeniami sprzętu art. powstającymi w miarę używania dział, jaszczy i przodków oraz przyborów, możemy te uszkodzenia zgrupować następująco:

— stopniowe zużywanie się powierzchni pracujących;
— nierównomierne wytarcia, wyrobienia i wybicia powierzchni styku, jak otworów, panewek, łożysk, czopów, osi i sworzni;
— pęknięcia, złamania, oderwania, zruszenia itp.

Jak wynika z powyższego, spawanie można tutaj wykorzystać w bardzo szerokim zakresie.

W sprzęcie art. ma się do czynienia nie tylko ze stalą jako podstawowym materiałem kanstrukcyjnym, ale i z innymi metalami, jak np. różne odmiany brązów, stopy aluminiowe itp., przy czym trudność użycia spawania polega na tym, że na uzbrojeniu znajduje się sprzęt różnych konstrukcji, najrozmaitszych fabryk i budowany w różnym czasie, co w sumie daje materiał nie raz dość znacznie różniący się pomiędzy sobą.

Mamy więc części dział wykonane z różnych gatunków stali węglowych, jak również i stali stopowych, poza tym spotykamy się z wieloma brązami i ostatnio ze stopami aluminium.

Wiadomo jest, że w dwóch działach różnego wzoru części składowe zupełnie do siebie podobne, które normalnie powinny być wykonane z jednakowego lub bardzo zbliżonego do siebie materiału, mogą mieć materiał nieraz znacznie różniący się swym składem, sposobem wyrobu (np. kute i lane) i wreszcie obróbkę cieplną.

Przy użyciu spawania musi się wziąć pod uwagę obróbkę cieplną specjalną niektórych części dział, jak np. cementowanie i hartowanie. W tych wszystkich wypadkach spawanie nie będzie mogło być stosowane zupełnie lub też może być stosowane, ale tylko w pewnych wypadkach, czy też w sposób osobliwy.

Innego rodzaju trudnością będzie wzgląd na wzajemną wymien-

---

[1]) Szkoła Uzbrojenia wydała skrypty dotyczące spawania: „Zasady spawania metali płomieniem acetyleno-tlenowym", „Zasady stosowania spawania acetyleno-tlenowego do napraw sprzętu art.".

ność części i ich pasowanie, co w sprzęcie art. jest rzeczą o bardzo wielkim znaczeniu. Przy spawaniu nie należy tego względu pominąć, stosując bowiem tę operację zbyt szablonowo lub też nie dość uważnie — można spowodować uszkodzenie części zamiast ich naprawy.

Na sposób przeprowadzenia spawania będzie miał znaczny wpływ rodzaj obróbki powierzchni przedmiotu spawanego, kształt tej części i warunki, w jakich będzie ona pracowała.

I wreszcie przy naprawach przez spawanie pewne trudności będą wynikały z konieczności doboru każdorazowo odpowiednich materiałów dodatkowych, tj. spoiwa i—jeśli potrzeba—proszków specjalnych zależnie od materiału spawanego, a co ma decydujący wpływ na wartość spoiny.

Ze względu na omówione trudności i zastrzeżenia, naprawa sprzętu art. przez spawanie może być przeprowadzona tylko w ściśle określonych ramach, poza które w żadnym wypadku wyjść nie wolno bez narażenia sprzętu na poważne skutki takiej naprawy.

W czasie napraw wykonywanych przez spawanie powinno się więc przestrzegać następujące wskazania ogólne:

a) ustalić ściśle, co i w jakim zakresie wolno spawać, a nawet w wypadkach na pozór mało ważnych nie należy stosować spawania zbyt pochopnie, pamiętając o niebezpieczeństwie niewłaściwego użycia tej operacji;

b) zastanowić się nad sposobem wykonania spawania biorąc pod uwagę wszystkie dane, o jakich była mowa wyżej;

c) wybrać odpowiednie materiały, tj. spoiwo, proszki itp., jakie są potrzebne do wykonania tej naprawy dobierając je w zależności od rodzaju materiału spawanego, rodzaju naprawy i metody spawania, jakie mają być w danej chwili zastosowane. Poza tym dobrać i wypróbować odpowiedniej wielkości palnik;

d) przygotować przedmiot przeznaczony do spawania do wykonania tej operacji, zukosowując go, zaczyszczając itp., ponadto zabezpieczając, jeśli zachodzi tego potrzeba, od zagrzania w miejscach obok spawanego lub też w tych wszystkich miejscach, gdzie rozgrzanie jest niepożądane albo niebezpieczne;

e) zabezpieczyć przedmiot od uszkodzeń, mogących powstać na skutek naprężeń wewnętrznych lub też odkształceń spowodowanych przez spawanie;

f) w wypadkach braków w materiale, a zwłaszcza nie posiadania odpowiedniego spoiwa, nie należy tego lekceważyć i zastępować go czymś zbliżonym lub w ogóle niewłaściwym.

Tabelka zasadniczych danych niezbędnych przy spawaniu.

Grubość metalu spawanego w m/m	Nr Nr końcówki palnika	Grubość spoiwa w mm	Metody spawania	Szkic przygotowanego materiału	a mm	b mm	c mm	α
do 1	0	1	„w lewo"		do 1	0,5	3	—
1 — 2	1	2	„w lewo"					
2 — 3	2	3	„w lewo"		1 — 3	1	—	—
3 — 5	3	3	„w prawo"					
5 — 8	4	4	„w prawo"; metoda kąpielowa		3 — 6 6 — 12	1 — 1,5 1,5 — 5	1 1 — 3	60° 90°
8 — 15	5	5 — 6	„w prawo" jedno i dwustronnie; metoda kąpielowa		Ponad 10 — 12	2	4	90°
15 — 25	6	8	„w prawo" jedno i dwustronnie; metoda kąpielowa					

Również w wypadku braku masy (proszku) oczyszczającego, albo też zużycia się tegoż, nie należy wykonywać spawania, ponieważ tak właściwe spoiwo, jak również czystość acetylenu—odgrywają, jak wiadomo, bardzo ważną rolę i mają zasadniczy wpływ na trwałość spoiny.

g) po wykonaniu spawania poddać spoinę ulepszeniu (przekucie, wyżarzenie), jeśli tylko jest to możliwe ze względów konstrukcyjnych przedmiotu i rodzaju wykonanego spawania.

3. *Metody spawania stosowane przy naprawach sprzętu art.*

Aby wykonać spoinę prawidłowo, a tym samym osiągnąć jej najwyższe warunki wytrzymałościowe, nie wystarcza samo przygotowanie materiału do spawania, lecz należy wybrać najodpowiedniejszą do tego metodę spawania.

Na wybór odpowiedniej metody spawania ma wpływ przede wszystkim grubość części spawanych, a następnie rodzaj metalu, kształt przedmiotu spawanego i wreszcie rodzaj uszkodzenia, które ma się zamiar naprawić.

Zasadniczymi metodami spawania stosowanymi do napraw sprzętu art. są:

— metoda w lewo;

— metoda w prawo;

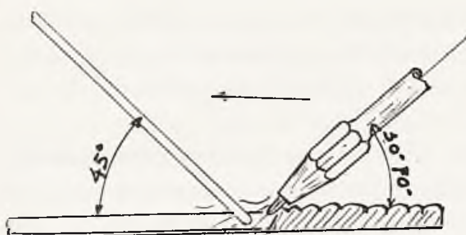
— metoda kąpielowa.

Metoda w lewo — używana jest do blach o grubości do 4 mm, a wyjątkowo tylko ponad tę grubość. Metoda ta ma bardzo duże zastosowanie w naprawach, albowiem nadaje się do łączenia części oddzielnych, naprawy pęknięć oraz nadlewania (nakładania) powierzchni zużytych.

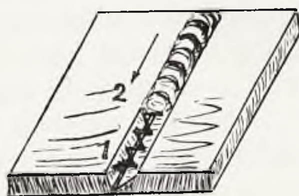
Spawanie tą metodą polega na prowadzeniu palnika w lewo, topiąc przed sobą brzegi materiału spawanego i spoiwa, które się przesuwa przed palnikiem. Nachylenie palnika waha się w granicach 30^0—70^0, a spoiwo trzyma się pod kątem 45^0. W czasie spawania wykonuje się palnikiem ruchy poprzeczne, zygzakowate, od jednej do drugiej krawędzi zukosowanych blach, a spoiwo należy prowadzić prosto, bez żadnych dodatkowych ruchów.

Metoda w lewo pokazana jest na rys. 1.

Metoda w prawo — używa się do materiałów grubszych, zasadniczo dopiero ponad 6 — 8 mm, lecz można ją stosować do blach już ponad 4 mm. Ta metoda ma również duże zastosowanie w naprawach podobnie jak metoda w lewo; używa się jej również do łączenia czę-



Położenie palnika i spoiwa.



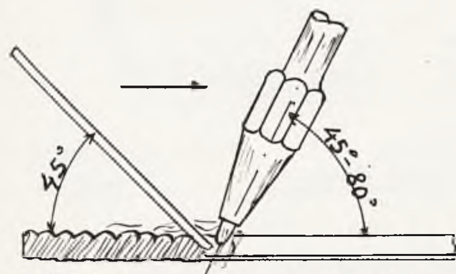
Ruchy: 1- palnika.
2- spoiwa.

rys. 1. Metoda w lewo.

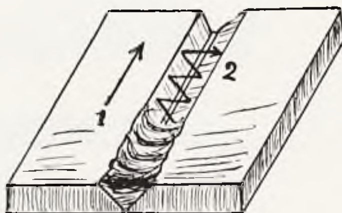
ści oddzielnych i naprawy pęknięć (grubszych blach), natomiast do nadlewania powierzchni nie jest stosowana.

Przy spawaniu metodą w prawo prowadzi się palnik w prawą stronę topiąc brzegi spawane, a spoiwo posuwane jest za palnikiem. Palnik przesuwa się prosto, spoiwem zaś wykonuje się ruchy zygzakowate, poruszając nim w roztopionej kąpieli. Nachylenie palnika jest w granicach 45° — 80°, a spoiwa od 45° do 60°.

Metoda ta, stosowana zwłaszcza przy wykonywaniu dłuższych szwów, ma pewien dodatni wpływ na warunki wytrzymałościowe spoiny, bo wykonany już szew w miarę dalszego posuwania palnika po-



Położenie palnika i spoiwa.



Ruchy: 1- palnika.
2- spoiwa.

rys. 2. Metoda w prawo.

zostaje osłonięty niejako przez redukujący płomień palnika, będąc w ten sposób zabezpieczony przed utlenianiem: spoina wolniej stygnie i ma możność łatwiejszego wydzielenia rozpuszczonych gazów.

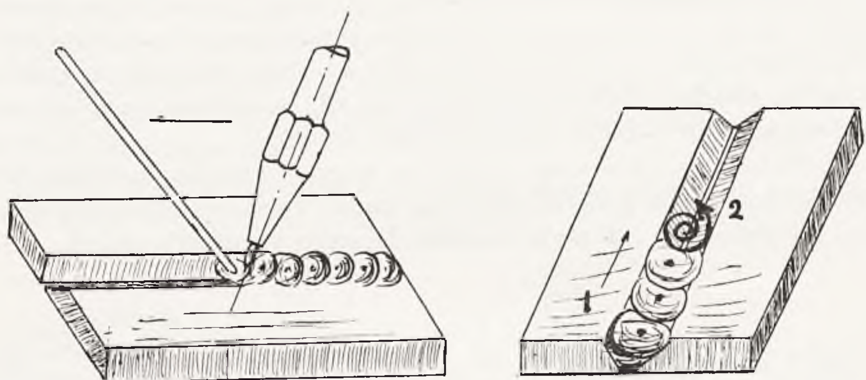
Metoda w prawo pokazana jest na rys. 2.

Metoda kąpielowa — używana jest zasadniczo do łączenia przedmiotów grubszych, około 10 mm i wyżej. W naprawach ma ona zasto-

sowanie przy łączeniu części oddzielnych, zwłaszcza w wypadkach szwów krótkich lub kiedy spawa się różne kształtówki (pręty okrągłe, płaskowniki, kątówki itp.), ponadto używa się tej metody do zalewania otworów.

Spawanie metodą kąpielową, albo inaczej przerywane, polega na tym, że stapia się w jednym miejscu brzegi spawanego przedmiotu aż do chwili otrzymania kąpieli płynnego metalu, po czym dodaje się spoiwa w miarę potrzeby. W ten sposób stopniowo spawa się punkty sąsiednie, aby w rezultacie otrzymać jednolitą spoinę. Spoina tak wykonana jest bardzo wytrzymała.

Nachylenie palnika i spoiwa reguluje się zależnie od grubości materiału spawanego, przy czym spoiwem wykonuje się ruchy mieszające jakby kąpiel, jak to pokazane jest na rys. 3.



rys: 3. Metoda kąpielowa.

4. *Rodzaje spawania przy naprawach sprzętu art.*

Podczas napraw sprzętu art. stosuje się spawanie w wypadkach, które można zgrupować następująco:

a — łączenie części różnych kształtów;
b — naprawa pęknięć;
c — zalewanie otworów;
d — nadlewanie (nakładanie) powierzchni;
e — lutospawanie.

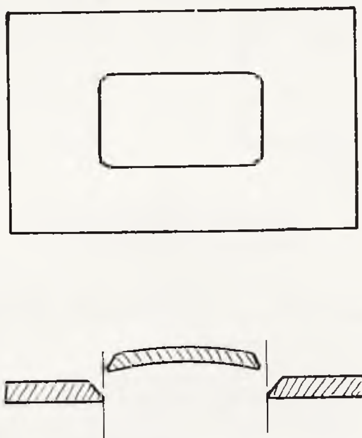
a — Łączenie części różnych kształtów.

Łączenie części zachodzi przy spawaniu części składowych nowych lub też odłamanych, oderwanych itp., jako to:

— płaskowników i przedmiotów okrągłych;
— części o różnych kształtach i powierzchniach, jak kątówki, zaokrąglenia i inne;
— rur o różnych średnicach i grubościach ścianek;
— blach różnej grubości;
— i wreszcie podczas spawania części kształtem i wymiarami do siebie niepodobnych.

Wymienione prace wykonuje się wg ogólnych zasad spawania z uwzględnieniem jednak uwag zawartych w p. 2 niniejszego artykułu.

Ponadto do tego spawania można zaliczyć wstawianie łat w blachach. Operacja wstawiania łaty polega na tym, że brzegi otworu ukosuje się normalnie, po czym dopasowuje się łatę, której brzegi są również zukosowane odpowiednio, a przy tym łata musi być nieco uwypuklona i brzegi jej zaokrąglone jak na rys. 4.



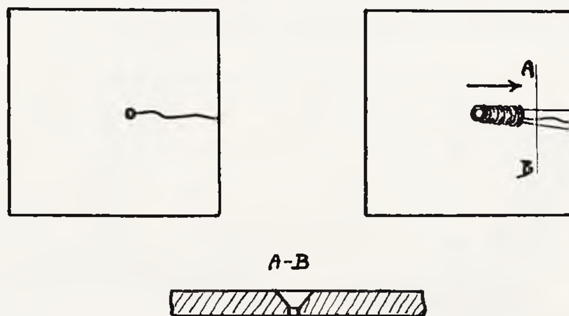
rys. 4. Wstawianie łaty

b — Naprawy pęknięć.

Pod tą nazwą rozumie się usuwanie przy pomocy spawania wszelkiego rodzaju pęknięć, częściowych naderwań itp. spotykanych w przedmiotach różnych kształtów, jak to:

— pęknięcia blach spotykane najczęściej;
— pęknięcia i naderwania nie przez całą grubość materiału w częściach takich, jak płaskowniki, okrągłe pręty, kątówki i inne.

W wypadku spawania pęknięć zdarzających się najczęściej na brzegach lub zagięciach — przede wszystkim zapobiega się dalszemu posuwaniu się pęknięcia w głąb materiału pod wpływem grzania przedmiotu przez wywiercenie otworu na końcu rysy, następnie należy zukosować brzegi i dobrze je oczyścić z rdzy, tłuszczów itp. Spawanie samo wykonuje się w ten sposób, że najpierw zagrzewa się równo materiał wzdłuż całego pęknięcia, po czym następuje zalanie wymienionego otworu i spoinę układa się od tego otworu do brzegu blachy rys. 5a, a nie odwrotnie, co mogłoby być powodem rozszerzenia się pęknięcia podczas samego spawania. Po wykonaniu spawania należy spoinę całą i materiał wokoło niej zagrzać nieco palnikiem, aby w ten sposób złagodzić naprężenia.



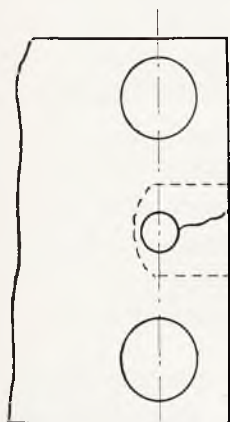
rys. 5a. Naprawa pęknięć.

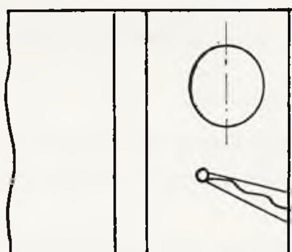
Zachodzą często pęknięcia jednej tylko blachy w miejscu połączenia tej blachy z innymi, np. w miejscu jej znitowania. Ponieważ często spawanie musi się odbyć bez rozłączenia ze sobą blach znitowanych, a z drugiej strony nie można przy spawaniu pęknięcia jednej blachy zespawać ją z drugą, wobec tego należy roznitować jeden czy dwa sąsiednie nity, rozchylić nieco blachy i pomiędzy nie włożyć kawałek azbestu, izolując w ten sposób blachę dolną. Po wykonaniu spawania usuwa się azbest i zakłada się nity; (rys. 5b).

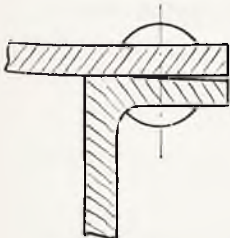
W wypadku, gdy sposób ten jest niemożliwy do wykonania, np. przy pęknięciach grubszej blachy lub też jakiegoś wspornika itp. należy tak wycinać rowek do spawania, żeby pozostawić pewną grubość materiału i aby następnie, spawając pęknięcie, nie połączyć wspornika z blachą, do której jest on przynitowany. Nie będzie w takim wypadku całkowitego przetopienia i zalania spoiwem całego pęknięcia, lecz

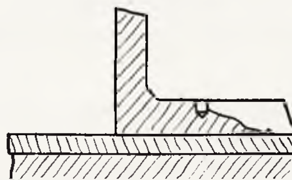
w celu wzmocnienia w tym miejscu spoiny można pozostawić pewien naddatek materiału jak na rys. 5c.

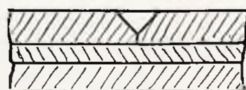
Przy pęknięciach powierzchniowych, nie przez całą grubość materiału, szczególniej w przedmiotach grubszych — wycina się rowek zukosowując jego brzegi do takiej głębokości, aby pęknięcie lub nawet ryska zniknęły całkowicie i wówczas dopiero przystępuje się do spawania (rys. 5d).











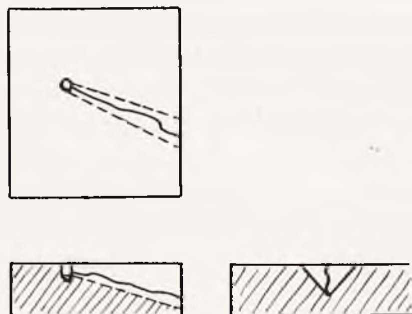
rys. 5b.

Rys. 5 c.

Przy naprawach omówionych w punkcie *a.* i *b.* — w czasie spawania nakłada się szwy z pewnymi naddatkami materiału. Szwów takich nie należy wygładzać, np. przez piłowanie, szlifowanie itp., aby ich nie osłabić i tylko w wypadkach koniecznej potrzeby spoinę się wygładza i wyrównuje.

Ponadto jest rzeczą godną polecenia, ażeby szew po spawaniu zagrzać i przekuć, jeśli to tylko jest możliwe, ulepszając w ten sposób jego strukturę albo przynajmniej nieco wyżarzyć, podgrzewając spo-

inę palnikiem na całej jej długości, co znacznie zmniejszy powstające przy stygnięciu naprężenia wewnętrzne oraz zmiękczy i bardziej ujednostajni całą spoinę.



rys. 5d.

c — Zalewanie otworów.

Operację tę stosuje się w wypadkach usuwania otworów zbędnych lub też w celu poprawienia otworu zużytego, zniekształconego itp.

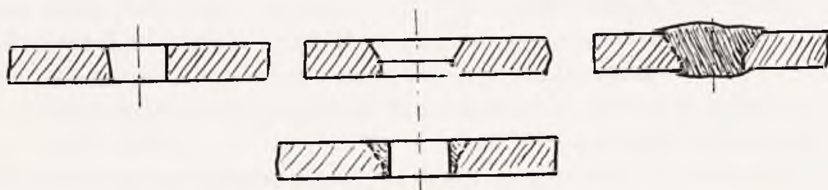
W naprawach sprzętu art. operacje takie mają częste zastosowanie, przy czym można tu rozróżnić dwa wypadki, a mianowicie:

1 — zalewanie otworów o mniejszej średnicy, co odbywa się bez specjalnych zabiegów;

2 — zalewanie otworów o większej średnicy, co wymaga wstawiania specjalnych wkładek.

W wypadku pierwszym kolejność czynności jest następująca:

a — powiększanie starego otworu o tyle, ażeby nowy otwór mógł wypaść całkowicie w spoinie, a nie na granicy, tj. w strefie przejściowej pomiędzy spoiną i materiałem rodzimym (rys. 6).



rys. 6. Zalewanie otworów.

b — zukosowanie cośkolwiek krawędzi, jedno lub dwustronnie zależnie od grubości materiału;

c — wykonanie spawania (zalewania) otworu metodą kąpielową — jedno lub dwustronnie. Palnika używa się tutaj z końcówką odpowiednią do grubości materiału, natomiast spoiwo musi być o średnicy większej. W czasie spawania zagrzewa się krawędź otworu wokoło, po czym dopiero nadlewa się ją aż do chwili całkowitego zalania tego otworu;

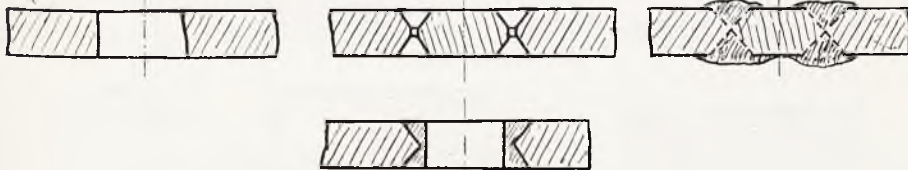
d — wyżarzanie spoiny przy pomocy palnika;

e — wyrównanie powierzchni spawanej i wywiercenie nowego otworu.

W drugim wypadku:

a — powiększenie starego otworu do takiej średnicy, żeby można było wstawić wkładkę, w której zmieściłby się następnie nowy otwor wykonany po spawaniu;

b — wykonanie wkładki do wstawiania w otwór, przygotowanej jak na rysunku 7;



Rys. 7.

c — wykonanie spawania wkładki do krawędzi otworu jednostronnie lub dwustronnie, zależnie od grubości materiału;

d — wyżarzenie jak wyżej;

e — wyrównanie powierzchni i wywiercenie nowego otworu.

d. — Nadlewanie powierzchni (nakładanie).

Czynność tę dzieli się zasadniczo na dwa główne rodzaje spawania, a mianowicie:

1 — nadlewanie powierzchni płaskich,

2 — nadlewanie powierzchni okrągłych.

Nadlewanie wykonuje się metodą w lewo, najczęściej używanym palnikiem jest Nr 1 — 2, i spoiną ⌀ 2 — 3 mm. Początkowo cały przedmiot podgrzewa się palnikiem, a większe części można zagrzać na ognisku kowalskim do temperatury czerwonego żaru, samo zaś nakła-

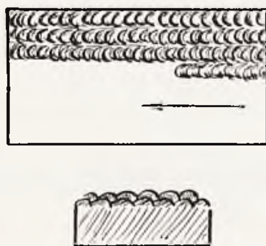
danie wykonuje się w ten sposób, że powierzchnię nadlewaną zagrzewa się palnikiem aż do chwili jej nadtopnienia i wówczas dopiero można nakładać stopione spoiwo.

Palnik ma nachylenie od 30° do 50°, a spoiwo około 45°, ruchy palnikiem i spoiwem wykonuje się takie same jak przy metodzie w lewo.

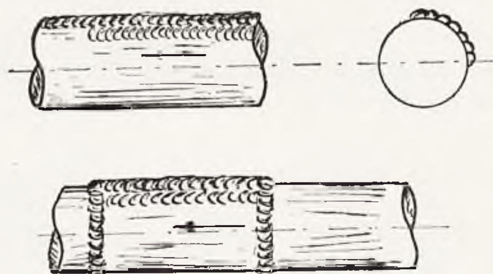
Powierzchnia przedmiotu przeznaczonego do nadlewania powinna być starannie oczyszczona z rdzy oraz zanieczyszczeń i ułożona poziomo.

Nadlewanie powierzchni płaskich polega na tym, że spoinę nakłada się na całej długości (szerokości) przedmiotu, układając następne szwy obok, tak że cała powierzchnia otrzyma warstwę nadlaną jednolitej grubości. W miarę potrzeby można nakładać na warstwę nadlaną następne warstwy metalu, jak to pokazane jest na rys. 8. Nałożenie warstw następnych może się odbywać dopiero po starannym oczyszczeniu z tlenków warstwy poprzednio nadlanej.

Przy większych powierzchniach nadlewanie powinno odbywać się odcinkami około 100mm, a to z tego względu, aby nie oddalać się zbytnio od miejsca zagrzanego.



Rys. 8.



Rys. 9.

Nadlewanie powierzchni okrągłych można wykonywać dwoma sposobami:

a — nadlewa się pierwszą spoinę wzdłuż tworzącej, a następne układa obok niej, podobnie jak na powierzchniach płaskich;

b — na obwodzie wałka w odstępie około 80 mm nakłada się spoinę, dzieląc go jakby na części, a następnie wypełnia się je spoinami ułożonymi wzdłuż, podobnie jak wyżej.

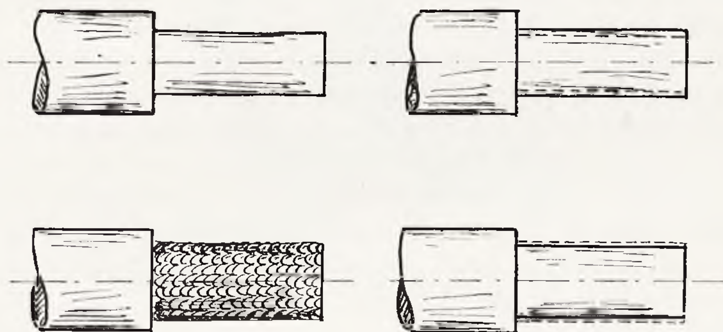
Oba te sposoby spawania pokazane są na rys. 9.

Ponadto zachodzą wypadki stosowania nakładania na powierz-

chniach wklęsłych (półpanewki) lub też w otworach, tulejkach itp., co wykonuje się na zasadach omówionych wyżej.

Przy nakładaniu powierzchni zużytych wykonuje się następujące czynności:

— zmniejszenie — wyrównanie średnicy wałka, lub też zebranie powierzchni płaskich do takiego wymiaru, aby następnie po obrobieniu warstwy nadlanej powierzchnia przeznaczona do pracy wykonana była całkowicie w materiale nałożonym, a nie w miejscu połączenia spoiny z materiałem rodzimym rys. 10;



Rys. 10.

— wykonanie nadlania powierzchni;

— ulepszenie spoiny przez przekucie, lub wyżarzenie.

e. Lutospawanie.

Lutospawanie jest to łączenie dwóch kawałków metalu, ale nie przez stapianie krawędzi, lecz jedynie przez ich rozgrzanie do temperatury białego żaru i następnie połączenie stopionym w tej temperaturze specjalnym spoiwem (lutem).

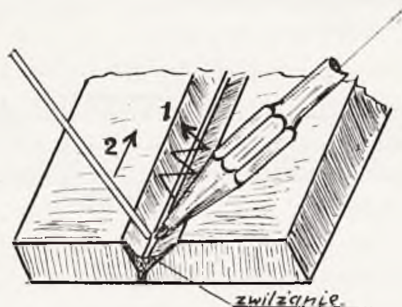
Ta okoliczność, że można połączyć dwie części metalowe (naprawić pęknięcie, nadlać powierzchnie itp.) w niższej temperaturze aniżeli przy zwykłym spawaniu, stanowi dodatnią cechę lutospawania; jego ujemna strona jest ta, że nie wszędzie da się zastosować, ponieważ połączenie takie jest mniej wytrzymałe aniżeli spawanie zwykłe.

Do lutospawania używa się palnika zwykłego, lecz o mocy mniejszej (75 litrów na 1 mm grubości materiału na 1 godzinę). Przed wykonaniem połączenia krawędzie się ukosuje jak do spawania zwykłego, poza tym części łączone muszą być starannie oczyszczone z rdzy i innych zanieczyszczeń.

Operacja lutospawania polega zasadniczo na tym, że początkowo

pokrywa się krawędzie cienką warstwą spoiwa, a wykonuje się to w ten sposób, że kropla płynnego lutu położona na powierzchni nagrzanego metalu rozlewa się po niej i następuje jej „zwilżenie", po czym dopiero zapełnia się rowek całkowicie spoiwem, pozostawiając pewien naddatek.

Palnik jest pochylony w granicach 30⁰ — 80⁰, a spoiwo 45⁰, jak na rys. 11.



Ruchy: 1- palnika
2- spoiwa:

rys. 11. Lutospawanie.

Zastosowanie lutospawania może zachodzić w wypadkach następujących:

— nadlewanie powierzchni przedmiotów brązowych, np. panewek, tulejek, wkładek itp.

— łączenie cienkich blach, zwłaszcza jeśli połączenie nie wymaga dużej wytrzymałości, a tylko szczelności;

— wykonywanie połączeń w miejscach, gdzie nagrzewanie do temperatury topliwości stali jest niepożądane lub niebezpieczne, a lutowanie na twardo sposobem zwykłym może być niewystarczające;

— połączenia części małych, drobnych, gdzie spawanie zwykłe jest zbyteczne lub też trudne do wykonania;

— w połączeniach z nieznanym lub niepewnym materiałem, gdzie przez zwykłe spawanie można spowodować uszkodzenie przedmiotu, a zastosowanie niższej temperatury zmniejszy to niebezpieczeństwo.

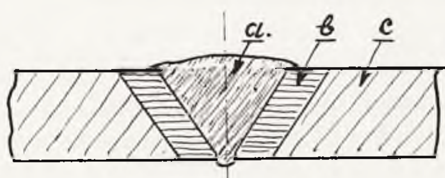
5. *Próby spoiny.*

Spawanie należy do tego rodzaju operacji, że o prawidłowości wykonania jej można bardzo mało powiedzieć sądząc tylko z ze-

wnętrznego wyglądu. Chociaż zewnętrzny kształt spoiny do pewnego stopnia pozwala na jej ocenę, lecz jest to ocena zbyt powierzchowna i dotyczy wyglądu samej spoiny, sposobu jej wykończenia, widocznych i zbyt jaskrawych błędów, ale nic nie mówi o jej wartości istotnej.

Ponieważ z drugiej strony, w czasie spawania niezmiernie łatwo jest o popełnienie błędu i to nawet przez najbardziej wykwalifikowanego pracownika, błędu, którego nie jest się w możności stwierdzić nawet przy skrupulatnym oglądaniu, więc na badanie spoiny sposobem gruntownym powinno się zwracać baczną uwagę.

Wprawdzie badania przeprowadza się głównie przy łączeniu nowych części w konstrukcjach, gdzie stosowane są szwy dłuższe, nie mniej jednak i w spawaniu przy naprawach przy szwach mniejszych nie należy zapominać o przeprowadzaniu badań celem skontrolowania spawacza oraz sprawdzenia, czy zastosowana w tym wypadku naprawa — przy użyciu pewnych materiałów — daje pożądane rezultaty. Nie czas bowiem sądzić o wartości spoiny wówczas, kiedy przedmiot w czasie pracy i w okolicznościach najczęściej najmniej pożądanych pęknie, wykazując że spawanie było przeprowadzone źle.



Rys. 12.

Przy wszelkich badaniach zwraca się uwagę nie tylko na samą spoinę „a" ale i na tzw. strefę przejściową „b", znajdującą się pomiędzy spoiną a materiałem rodzimym „c" (rys. 12), ponieważ ta strefa jest miejscem najbardziej osłabionym, a nie sama spoina, — jak by się zdawało, — naturalnie w wypadku, gdy spawanie jest dobrze wykonane.

Do najbardziej pewnych prób spoiny należą naturalnie próby mechaniczne — na rwanie i gięcie, które niestety nie dadzą się prawie zupełnie stosować przy naprawach.

Pozostaje więc z prób mechanicznych próba twardości i jej stosowanie przy spawaniu jest możliwe niemal zawsze.

Próba twardości przez porównanie daje wogóle prawie ścisłe dane co do wytrzymałości materiałów, a w spawaniu oddaje duże

usługi, ponieważ pozwala na badanie przez porównanie tak samej spoiny jak też strefy przejściowej w stosunku do materiału rodzimego.

Duże usługi mogą tutaj dać badania makrograficzne, które są możliwe do przeprowadzenia bez specjalnych urządzeń, co ma duże znaczenie zwłaszcza w mniejszych zakładach naprawczych.

Przy naprawach może mieć również zastosowanie przeprowadzanie prób sposobem porównawczym; a mianowicie poddaje się próbom po spawaniu części bądź specjalnie poświęcone na próby, jeśli ma się w przewidywaniu większe ilości podobnych napraw z takimi częściami, albo też bada się próbki specjalnie wykonane z materiału takiego, z jakim będzie się miało do czynienia w czasie samej naprawy.

6. *Zalety spawania stosowanego do napraw.*

Zalety spawania stosowanego do napraw dadzą się scharakteryzować następująco:

1 — przedłuża się znacznie czas pracy części naprawionych tym sposobem;

2 — istnieje możność naprawienia, a nawet gruntownego odnowienia części, które normalnie nie nadawałyby się zupełnie do użytku;

3 — naprawa sama jest bardzo szybka i da się przeprowadzić niemal w każdych warsztatach;

4 — naprawa przez spawanie jest tania.

WIADOMOŚCI Z PRASY OBCEJ

FRANCJA

(*REVUE d'ARTILLERIE* XII. 37 r.)

Nieznany skarb archiwów — ppłk Filloux. Zastosowanie statystyki do balistyki.

Balistyka wewnętrzna zawiera 2 odrębne problemy: ruch punktu materialnego i ruch istotnego pocisku. Rozwiązanie teoretyczne tych zagadnień jako zależność pomiędzy kątem rzutu, donośnością, szybkością początkową i współczynnikiem balistycznym — przedstawiają wykresy balistyczne, oparte na strzelaniach doświadczalnych z pewnym pociskiem, lecz w praktyce wymagają one jeszcze poprawek drugorzędnych na kulistość ziemi, zmianę siły ciężkości itp. oraz nie nadają się bezpośrednio dla pocisków innego typu. Przy rozważaniu zagadnienia z pociskiem istotnym zadanie się komplikuje i wchodzi w grę współczynnik kształtu pocisku, który nie jest wielkością stałą.

Autor proponuje dla rozwiązania tych zagadnień w praktyce wykorzystanie protokołów strzelań doświadczalnych i badawczych, odbytych w różnych okolicznościach i znajdujących się w archiwach; podaje on również metodę praktycznego ich wykorzystania. A mianowicie: wyniki protokołów zostają oznaczone w sposób umowny na metalowych tabliczkach (p. tabela 1 i 2) za pomocą maszyny do dziurkowania. Druga maszyna automatycznie eliminuje potrzebne tabliczki wg żądania, a trzecia przerabia je w tabele liczbowe.

Z protokołów do tabeli typu 1 wyciąga się różne zależności, np. wpływ czynników A, B, C itd. na donośność i na celność i zestawia się je w sposób następujący: A_1 C_1; A_1 C_2; A_1 C_3.... A_2 C_1; A_2 C_2; A_2 C_3.... A_3 C_1; A_3 C_2.... Jeżeli dochodzi w niektórych wypadkach pewien czynnik D, to powstaną nowe kombinacje: A_2 C_2 D_1; A_2 C_2 D_2; A_2 C_2 D_3.... A_2 C_3 D_1; A_2 C_3 D_2....

Przykład. Chcemy wystudjować wpływ zużycia gwintów lufy na celność pocisków długich i krótkich.

Maszyna do sortowania najpierw wyeliminuje stos tabelek wg stanu zużycia gwintów; następnie w każdym stopniu zużycia ułoży je według długości pocisków. Maszyna trzecia przedłoży to w postaci tabeli liczbowej, przedstawiającej wyniki strzelania, z której można już wyciągnąć wnioski praktyczne.

Uporządkowanie cech charakterystycznych: (tabela 1).

A. Na punkcie zerowym. *Działo*: długość lufy w kalibrach jako liczba dwucyfrowa. Typ gwintu: stały, postępowy, półpostępowy itd. (1-sza kolumna); pochy-

Tabela 1.

Działo	Długość lufy	00	11	22	33	44	55	66	77	88	99	1.2,
	Gwint lufy	000	111	222	333	444	555	666	777	888	999	3.5,
	Ładowanie	000	111	222	333	444	555	666	777	888	999	6.8,
	Hamulec wylotowy	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9,
	Łoże	00	11	22	33	44	55	66	77	88	99	10.
	Stan lufy	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12
Pocisk	Kalber	000	111	222	333	444	555	666	777	888	999	14,
	Długość	00	11	22	33	44	55	66	77	88	99	16,
	Ciężar	000	111	222	333	444	555	666	777	888	999	18.20,
	Ostrołuk	0000	1111	2222	3333	4444	5555	6666	7777	8888	9999	22.24,
	Kadłub	000	111	222	333	444	555	666	777	888	999	26.
	Pierścień wiodący	00000	11111	22222	33233	44444	55555	66666	77777	88888	99999	28.30.32.
	Środek ciężkości	0000	1111	2222	3333	4444	5555	6666	7777	8888	9999	34.36.
	Moment bezwładności	00	11	22	33	44	55	66	77	88	99	38.
	Dno	0000	1111	2222	3333	4444	5555	6666	7777	8888	9999	40.42.
	Zapalnik	00000	11111	22222	33333	44444	55555	66666	77777	88888	99999	44.46.
	Różne	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	48.
Tor	Nr wykazu	0000	1111	2222	3333	4444	5555	6666	7777	8888	9999	50.52.
	Ilość strzałów	00	11	22	33	44	55	66	77	88	99	54.
	V_0	000	111	222	333	444	555	666	777	888	999	56.
	α	00	11	22	33	44	55	66	77	88	99	58.
	X_1	0000	1111	2222	3333	4444	5555	6666	7777	8888	9999	60.62.
	Uchyl. śr/X	00	11	22	33	44	55	66	77	88	99	64.
	Zboczenie	00	11	22	33	44	55	66	77	88	99	66.
	Uchylenie w głąb	00	11	22	33	44	55	66	77	88	99	68.
	Warunki atmosferyczne	000000	111111	222222	333333	444444	555555	666666	777777	888888	999999	70.72.74.
	Współczynnik kształtu	000	111	222	333	444	555	666	777	888	999	76.78.
	Różne	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	80.

lenie gwintu przy wylocie określa się 10 cyframi (2-ga kolumna) i głębokość bruzd w dziesiątych częściach mm (3-cia kolumna). Sposób ładowania: w łusce, w woreczkach, nabój zespolony itp. (1-sza kolumna), żywość balistyczna prochu (2-ga i 3-cia kolumny). Typ opornika wylotowego (1 kolumna). Typ łoża: masa odrzutowa, łączność z podwoziem (2 kolumny). Stan ogólny zużycia lufy i zamiedzenia (1 kolumna). Razem 12 kolumn dotyczących cech działa.

Pocisk: Kaliber w mm (3 kolumny) i długość w kalibrach (2 kolumny). Ciężar względny pocisku jako stosunek p/a^2 (3 kolumny). Ostrołuk: kształt (2) i wysokość (2). Kadłub walcowaty: teoretyczny luz zgrubienia środkującego (1) i długość wiodąca (2). Pierścień wiodący: rodzaj i ilość (1), wtłoczenie czyli stosunek objętości miedzi wtłoczonej w bruzdy do sześcianu kalibru (2), prowadzenie jako stosunek powierzchni wiodącej krawędzi do kwadratu kalibru (2). Położenie środka ciężkości: odległość od dna (2) i od środka geometrycznego pocisku (2). Momenty bezwładności (2). Ogon: kąt początkowy (1), kąt końcowy (1), średnica dna (2). Zapalnik: długość (2), przednia średnica (2), stosunek średnicy podstawy do średnicy przedniej (1). Różne uwagi (1). Ogółem 36 kolumn dotyczących cech pocisku.

Tor: Nr wykazu (4), ilość strzałów (2). Szybkość początkowa (3). Kąt rzutu (2). Donośność (4). Stosunek uchylenia średniego do donośności (2). Zboczenie w stosunku do donośności (2). Uchylenie średnie w kierunku w porównaniu z uchyleniem w głąb (2). Warunki atmosferyczne: temperatura (1), wilgotność (1), szybkość wiatru (2), kierunek wiatru (1), regularność wiatru (1). Współczynnik kształtu pocisku (2) i stosunek i/in [1]) (1). Różne uwagi (2). Razem dla cech toru 32 kolumny. A ogółem w całej tabelce 80 kolumn.

W podobny sposób można zorganizować wykorzystanie protokołów strzelania dla zagadnień balistyki wewnętrznej i innych (zużycie lufy, konserwacja prochów, przyczyny wypadków itp.).

Tablica 2.

V_0		
0	0	0
1	1	1
2	2	2
3	×	3
4	4	4
5	5	5
6	6	×
7	7	7
×	8	8
9	9	9
55	56	57

($V_0 = 836$)

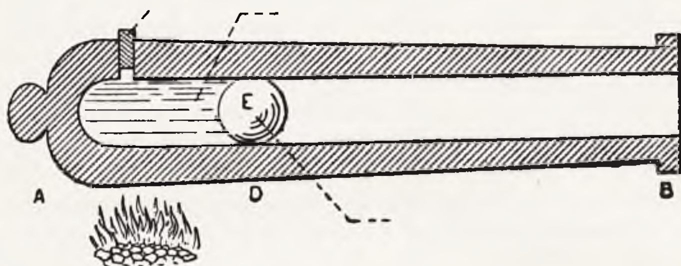
[1]) in — współczynnik normalny, który się odnosi do $V_0 = 500$ m/s oraz kąta rzutu $\alpha = 25^0$.

(REVUE D'ARTILLERIE III. 38 r.)

Osobliwe działa. — kpt. A. Duvignac.

Wśród bardzo licznych wynalazków wszystkich czasów, które poszukują rozwiązania zagadnień naukowych w zastosowaniu do wojny, bardzo dużo nie zostało zrealizowanych, jako nie nadające się do praktycznego urzeczywistnienia na polu walki. Archiwa wojenne są pełne takich opisów. A z drugiej strony pewne fantastyczne na pozór idee, które powstały niegdyś w umysłach wizjonerów, zostały jednak stopniowo zrealizowane; wspomnijmy tylko prace Leonardo da Vinci o lataniu i o lokomocji mechanicznej; różne liczne wynalazki, które wylęgły się w twórczym umyśle J. Verne'go lub Robida, który w 1880 r. przepowiedział i opisał wojnę dzisiejszą z jej wozami pancernymi, miotaczami płomieni, wojnę chemiczną i bakteriologiczną.

W czasie wojny światowej wytworzył się istny potop wynalazków, z których 98% nie nadawało się dla wojska, a pochłaniały one dużo zmarnowanego czasu i trudu. Z tych wszystkich idei dotyczących *dział* omawiany artykuł podaje kilka przykładów ciekawszych celem pouczenia i rozrywki.



Rys. 1.

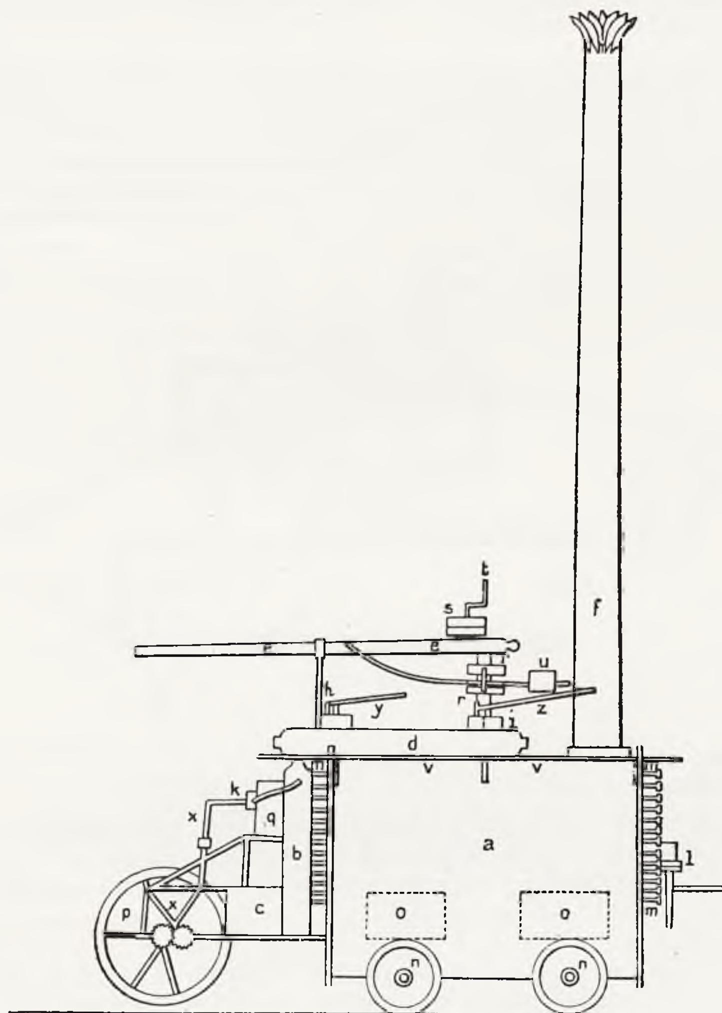
I. Działo wodne (rys. 1). W początkach istnienia artylerii prochowej niebezpieczeństwo strzelania było dość duże jak dla obsługi tak i dla sprzętu; szukano więc środków zastępczych dla tej „substancji czarodziejskiej". Między innymi we Francji w 1608 r. balistyk D. Rivault de Flurance proponował użyć broni wodnej. Działo takie ani karabin nie były nigdy skonstruowane, a opisy zasady są niewyraźne. Naiwny ten pomysł jest zilustrowany na rys. 1, na którym siłą popędową ma być rozszerzanie się wody od ciepła.

II. Działa parowe. Myśli o tym wynalazku błąkały się w umysłach Archimedesa i Leonarda da Vinci, a Denis Papin wykonał takie działo, które eksplodowało. (Pomysłem odwrotnym było zastosowanie prochu do poruszania silników— Huyghes).

Następnie ponowne próby podjęto w 1750 r., a potem kontynuował je słynny Watt w 1805 r. i gen. Gérard w 1814 r., lecz wyników pomyślnych nie osiągnięto. Na początku XIX st. dużo nadziei pokładano w sile pary, podobnie jak w XX wieku — w elektryczności.

W 1825 r. amerykanin J. Perkins demonstrował we Francji i Anglii karabin parowy 16 mm (kaliber 16?) z dodatnim skutkiem. Karabin oddawał 1080 strzałów

na minutę; a pociski pod ciśnieniem 45—50 atm. na cal kwadratowy (?) zdołały przebić 11 tarcz z twardej jodły o grubości cala i rozmieszczone co jeden cal od siebie. Przy innej próbie pociski przebijały płytę żelazną grubości ½ cala, co odpowiadało również zdolności ówczesnego karabinu prochowego. Pocisk strzelany

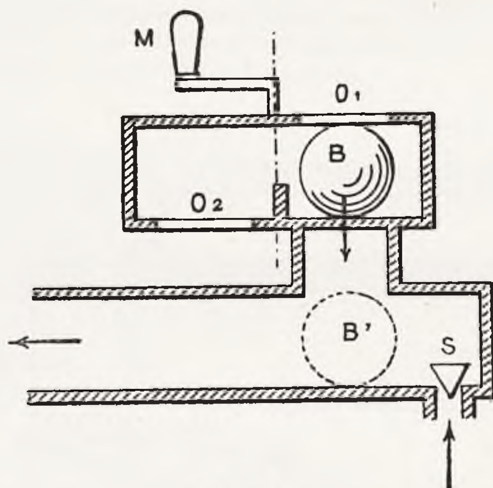


Rys. 2.

do bloku z wiązu wbił się na 4½ cala, podczas gdy zwykły pocisk kb. przeniknął na 3½". Obliczono, że koszt materiału opałowego był 250 razy mniejszy niż koszt prochu. Na skutek tych rezultatów specjalna komisja w Paryżu zastanawiała się nad pożytkiem takiej broni. Komisja stwierdziła prawdziwość wyników, lecz wobec konieczności posiadania kotła umieszczonego w murowanym budynku wraz

z kominem 16 stóp wysokości uznała nie praktyczność tego wynalazku dla wojska. Jednakże po pewnych pertraktacjach z wynalazcą przyszli do wniosku, że moznaby ten system zastosować do działa i podpisano umowę z wynalazcą, aby wykonał działo 40 mm (kaliber 4?) za cenę 25.000 fr. Działo to zbudowano w Greenwich i przywieziono do Francji w 1838 r. Całość ustroju ważyła 9.700 kg. Wyznaczono znów komisję tajną do wykonania prób. Działo składało się z następujących części (rys. 2):

a) Duży poziomy kocioł blaszany spoczywający na 4 kołach, zawierający palenisko i 36 rurek wodnych żeliwnych. b) Pionowy zbiornik pary. c) Pompka parowa do zasilania kotła wodą. d) Poziomy zbiornik pary. e) Armatka z kutego żelaza z 24 gwintami połączona ze zbiornikiem za pomocą urządzenia sterującego (rys. 3): Kula B wkłada się przez otwór 0_1 do komory; z pomocą rączki M obraca



Rys. 3.

się komorę o 180^0 i gdy otwór 0_2 znajdzie się pod kulą, wpada ona do lufy (położenie B). Przed strzelaniem napełnia się kocioł pompą ręcznie, zapala palenisko i zamyka wszelkie zawory aż do osiągnięcia potrzebnego ciśnienia, poczem otwiera się szybko zawór S i następuje „strzał".

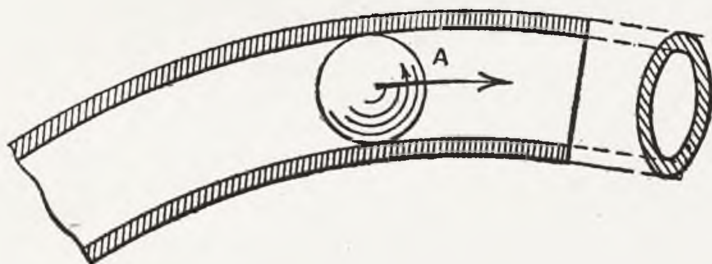
Inne części na rys. 2: f) Komin. h) Zawór bezpieczeństwa. i) Zawór parowy. k) Zawór małej małej maszyny parowej do pompy. l) Zawór do rurek wodnych. m) Końce rurek wodnych. n) Kółka. o) Drzwiczki paleniskowe. p) Pokrętło do pompy ręcznej. q) Mała maszyna parowa. r) Wspornik działa. s) Komora nabojowa. t) Rączka komory. u) Przeciwwaga ułatwiająca celowanie. v) Platforma kanoniera. x) Dźwignia zaworu bezpieczeństwa. z) Dźwignia dużego zaworu.

Próby odbyły się w 1828 r. W ciągu 1 godziny i 20 minut otrzymano w kotle 60 atm. (?); oddano 40 strzałów pod ciśnieniem 60—80 atm. i uzyskano donośność 280—1.200 m zależnie od kąta podniesienia. Następnie oddano 7 seryj z szybkością maksymalną, tj. 16—19 strzałów na minutę. Pociski wbijały się w pobliski pagórek z ziemi na głębokość $2^1/_2$ do 3 stóp. Ekspansja pary wytwarzała silny

huk, nie podobny jednak do odgłosu strzału z broni palnej. Gdy pewnego dnia kocioł był czynny 4 g i 10 minut. zużyto 352 kg węgla, 100 kg drewna i 1.150 litrów wody. Komisja wydała orzeczenie, że z powodu skomplikowanej instalacji, dużego ciężaru, trudności konserwacji i małej ruchliwości a stosunkowo miernych wyników — w obecnym stanie wynalazek ten nie nadaje się do użytku wojskowego.

W 1872 r. zanotowano projekt ang. inż. Bessemera, który rozważał możliwość wypuszczania 2.540 pocisków na minutę z szybkością początkową 385 m/s, lecz uważano to za utopię. Od tego czasu zaniechano prób z działami parowymi.

III. Lufa wygięta. W czasach wprowadzania luf gwintowanych i pocisków podłużnych wszyscy balistycy zajmowali się zagadnieniem stateczności pocisków na torze, rozmyślano o sposobach nadania ruchu obrotowego pociskowi. Zajmowano się tym w Anglii (oficer sanitarny Woolcombe i pociski gwintowane Witwortha), w Belgii (kpt. art. de Puydt opierał się na wpływie mimośrodowości) i w Niemczech, lecz wyniki nie były przekonywujące. Projekt ppłka de Saint Roberta znanego artylerzysty i balistyka był oryginalnym w pomyśle (rys. 4).



Rys. 4.

W publikacji z 1857 r. autor dowodzi najpierw korzyści pocisków spłaszczonych a zwłaszcza soczewkowatych; kształt ich jest dostosowany do pokonywania oporu powietrza, a oś obrotu wykazuje dużą stateczność. Rachunek i próby wykazują, że jeżeli 2 takie pociski wyrzucone są z jednakową szybkością i pod tym samym kątem i gdy jeden z nich wiruje z dołu do góry (jak na rys. 4), a drugi z góry do dołu, to pierwszy dalej doleci. Dla nadania ruchu obrotowego pociskom autor rozważa 2 sposoby: mimośrodowość środka ciężkości pocisku i gwinty w przewodzie lufy, lecz uważa je za nienadające się dla swoich pocisków i proponuje skrzywienie lufy po łuku koła. Wtedy pod wpływem siły odśrodkowej i tarcia o ścianki lufy pocisk otrzyma ruch obrotowy. Jeżeli krzywizna lufy skierowana jest wklęsłością do dołu, to pocisk otrzyma ruch wirowy z dołu do góry. Przy krzywiźnie o promieniu 8 m można otrzymać szybkość 100 obrotów na sek. dla pocisku soczewkowatego ważącego 3 kg, którego oś większa przekroju jest 2 razy dłuższa od osi mniejszej. Projekt ten wywołał wielkie zainteresowanie wśród ówczesnych balistyków, lecz sam autor przyznał, że zapewne nie będzie on mógł być w krótkim czasie uskutecznionym w naturze. Argumentom autora co do pożytku tego rodzaju pocisku można przeciwstawić zbyt małą pojemność pocisku, trudność uszczelnienia w lufie, utrudnienia wyrobu itp. Zresztą działo takie nigdy nie było zbudowane.

IV. Działa podwodne. Zdawna istniały różne recepty na ognie podwodne, złożone ze smół i żywic, terpentyny, prochu, węgla, kamfory itp., lecz na pomysł działa podwodnego trzeba było czekać aż do XIX wieku, kiedy Amerykanin Fulton w 1814 r. dokonał doświadczeń w New Yorku z działem strzelającym pod wodą, które było odpalane z pomocą rozpalonego kawałka węgla przez rurę wystającą z wody. Na odległość zaledwie 4—5 m przebiło drewnianą ścianę grubości ściany żaglowca wojennego. Odległość ta nie mogła oczywiście nikogo zadowolić.

Na powszechnej wystawie w 1867 r. wystawił Amerykanin Duffy działo naiwnego pomysłu. Miało być ono umieszczone wewnątrz okrętu, a lufa wystawała na zewnątrz pod wodą przez uszczelnioną strzelnicę. Wylot lufy był zamknięty cienkim czepcem metalowym, który w czasie strzału byłby łatwo uległ rozbiciu, a nie trzeba było obawiać się wniknięcia wody morskiej do lufy, bo działo strzelało automatycznie tylko wtedy, gdy zetknęło się ze ścianą okrętu nieprzyjacielskiego.(!)

V. Działa pneumatyczne. Różne wiatrówki i działa pneumatyczne stanowiły cały arsenał wynalazków tego rodzaju, sięgających bardzo odległych czasów. Pierwsze konkretne wiadomości o broni pneumatycznej datują się od 1560 r. (wg Wielkiej Encyklopedii Niemieckiej Guttera) lub od 1608 r. (Rivault de Flurance), a w połowie XVIII st. istniało już wiele typów tej broni ręcznej. Autor artykułu wspomina o niefortunnym projekcie niejakiego Perrota w 1848 r., rozpatrywanym przez Komitet Artyleryjski we Francji i o wynalazku działa pneumatycznego przez Amerykanina inż. Mefforda w 1883 r. Na tejże podstawie było zbudowane w 1885 r. nadbrzeżne działo 203 mm systemu inż. Calińskiego. Ciężar lufy dlugości 18 m wynosił 2040 kg, całość ważyła 17 t, pocisk 63 kg, z ładunkiem wewnętrznym 45 kg. Z działa tego strzelano wielokrotnie i przy ciśnieniu 70 atm. i kącie podniesieuia 33^0 osiągnięto donośność 3.700 m, co było zbyt mało dla tak wielkiej machiny. Dnia 20.IX.1887 r. stary szkuner umieszczony na odległości 1.700 m, od brzegu został zniszczony czterema strzałami z tego działa; pisała o tym prasa całego świata. Stany Zjednoczone zamówiły kontrtorpedowiec uzbrojony w 3 działa pneumatyczne kalibru 379 mm; Italia zamówiła u tegoż konstruktora podobne działo dla fortyfikacji w Spezji; system hydrauliczny do kierowania działem pozwalał jednemu człowiekowi obsługiwać to działo. Próby odbyte na forcie Hamilton w St Zjedn. stwierdziły, że pocisk ważący 241 kg, wystrzelony pod kątem 18^0 osiąguął donośność 1.600 m. Lecz z czasem działo Calińskiego poszło w zapomnienie jak i jego poprzednicy.

VI. Działa elektryczne. Elektryczność zapanowała w technice od połowy XIX stulecia, lecz w XX stuleciu straciła cokolwiek na uroku i stała się „materiałem" do spożycia, obliczanym i polegającym otaksowaniu. Sądzono, że uczyni ona przewrót w życiu codziennym, co właściwie się stało i że między innymi przekształci artylerię — co jednak pozostaje jeszcze do dowiedzenia. W 1867 r. wynalazca Trouve powziął myśl wykonania elektrycznego karabina. Lecz chodziło tu właściwie tylko o zapłon elektryczny. Bateria elektryczna mieściła się w kolbie, ale wytwarzała prąd tylko w położeniu do strzału i za naciśnięciem spustu rozpalony drucik platynowy powodował zapłon prochu. Można było oddawać 18—20 strzałów na minutę.

W Wiedniu w 1883 r. próbowano system analogiczny, lecz baterię elektr. zastąpiono akumulatorami. Próby dowiodły niepraktyczności takiej broni.

W tym samym roku słynny humorysta Robida puszcza wodze fantazji, opi-

sując karabin elektryczny; lecz nieraz już humoryści lub poeci zapowiadali o nowych wynalazkach, co się następnie sprawdzało.

W 1884 r. wpłynął do technicznego Komitetu Artyleryjskiego projekt adwokata La Lauze dotyczący istotnego działa elektrycznego, bez prochu, które wykorzystuje popędową siłę magnetyczną solenoidu. Wykonano próby z odpowiednim modelem i stwierdzono, że broń ta nadaje się tylko jako przyrząd w skali laboratoryjnej, bo ze względu na zbyt wielki ciężar aparatury elektrycznej w stosunku do nikłych rezultatów nie nadaje się do użycia w wojsku i jest przy tym niebezpieczna również dla użytkującego.

W 1901 r. prof. Birkeland, fizyk i meteorolog norweski, pracował nad działem, które miało miotać pociski 1000 kg. Pracował on do spółki z szefem służby uzbrojenia gen. Alsenem i płk. Kragiem. Działo bardzo długie „strzelało" pod stałym kątem ze zmiennymi szybkościami początkowymi. Pocisk miał postać cewki z drutem, w którym był inkudowany prąd elektr. i stawał się on wtedy magnesem. Na dziale nawinięty był również przewodnik z prądem wysokiego napięcia uzyskanym z baterii akumulatorów, ładowanych z prądnicy w chwilach przerw ognia. Lecz faktyczne doświadczenia wykazały, że udało się miotać pociski 900 gramowe z szybkością pocz. 50 m/s i pociski 8 g przy $V_0=75$ m/s. Przeliczono teoretycznie możliwość miotania pocisków 25 kg z szybkością początkowo 150 m/s. Następnie prób tych zaniechano.

W 1906 r. inż. Nodon napisał referat o nowoczesnej artylerii elektrycznej. Opisał on działo elektro-magnetyczne, które miało wyrzucać pocisk 100 kg z szybk. pocz. 1.000 m/s. Dla szybkostrzelności 1 strzał na minutę wystarcza moc 8—10 KM. Działo całe ważyłoby 30 ton. Studia w Puteaux wykazały, że wynalazca pomylił się w obliczeniach, bo wymagana moc wyniosłaby 1.100 KM. Ponadto dowiedziono, że działo elektro-magnetyczne złożone z jednego magnesu niezależnie od kalibru dać może najwyżej szybkość początkową równą 38 m/s, a dla otrzymania szybkości 500—1.000 m/s trzeba długości działa 500—1.000 kalibrów. A zatem na tej podstawie nie opłaca się budować dział. Czasopismo „Electrical Review" z 1908 r. stwierdza, że jest rzeczą praktycznie niemożliwą wykorzystanie energii elektrycznej w działach.

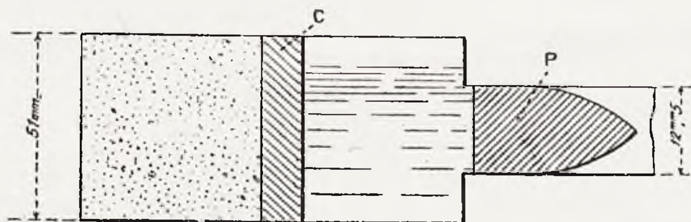
Natomiast w czasopiśmie „Journal" w 1907 r. E. Gautier pisze, iż on marzy o dziale, które używać będzie zamiast prochu inne jakieś substancje i strzelać będzie bez dymu, bez ognia, huku, wybuchu i bez ciśnienia.

Właśnie w 1908 r. Fauchon Villeplée zaproponował Komisji Wynalazków nowe działo elektryczne. Mały model tego działa zbudował wynalazca swoim kosztem. Odbyły się próby w 1917 r. Prąd dawała prądnica lub akumulatory. Strzałki ważące 50 g wbijały się w tarcze drewniane. Wtedy zdecydowano zbadać większy model przy współudziale Sekcji Technicznej Artylerii, jednak z różnych względów zarzucono ten projekt. Niemożliwości zbudowania działa elektrycznego dowodził gen. W. Black w 1918 r. w czasopiśmie „L'Industrie electrique". Bo działo 152 mm długości 6 m i nadające pociskowi 50 kg szybkość początkową 780 m/s, zużywa energię kinetyczną 828.000 kgm w ciągu 1/65 sek, czyli posiada moc 14.000 KM lub 10.000 kW nie licząc energii obrotowej ani tarcia. Potrzeba więc całej fabryki do uruchomienia takiego działa.

Lecz takie argumenty nie wstrzymywały wynalazców. W 1921 r. zgłosił propozycję dotyczącą działa elektrycznego do Sekcji Techn. Artylerii niejaki F. Le Duc ze Stanów Zjedn., lecz okazało się, że jest to zwykły robotnik, który wykonał za-

bawkę miotającą strzałki na odległość 800 mm. Jednocześnie jednak projekt Fauchon Villeplée został na nowo przedłożony służbie uzbrojenia. Zasada została zmieniona: zamiast solenoidu zastosowano silny prąd prostopadle do osi lufy, który wytwarzał potężną siłę motoryczną elektro-magnetyczną wzdłuż osi działa. Urządzenie wewnętrzne pocisku zmniejsza jego skuteczność u celu, a działo 105 mm, mające oddawać 10 strzałów na minutę, wymaga mocy 1240 kW, czyli maszyny ważącej 24.800 kg, do czego dochodzi ciężar silnika pociągowego jakie 10 ton. Całość zatem ważąca 34 tony ogranicza warunki stosowania tego działa [1]).

VII. Działo z bielą ołowianą. Opisane było w 1900 r. Jest to wynalazek ang. inż. E. Hoylea przeznaczony do wytwarzania nadzwyczaj dużych szybkości początkowych (rys. 5).



Rys. 5.

Gaz prochowy ciśnie na przegrodę C, która ciśnie na wodę zawartą między nią a pociskiem. Średnica komory wodnej jest 4 razy większa od kalibru pocisku. Szybkość ruchu pocisku będzie 16 razy większa od szybkości ruchu przegrody. Działo Hoylea zbudowane wg tej zasady wyrzucało pocisk 12,5 mm ważący 6 kg. Wodę można zastąpić materiałem sypkim, np. bielą ołowianą. Przy ładunku 180 g prochu myśliwskiego osiągnięto szybkość ruchu przegrody 280 m/s, co daje pociskowi szybkość 4.500 m/s. Taki pocisk przebija blachę 10 mm z odległości 2,4 m. Działo miało długość 1,5 m. Nie wiadomo, czy te studia były dalej prowadzone.

VIII. Działo o sile odśrodkowej. W czasopiśmie „Cosmos" z 1901 r. opisane było takie działo oddające jakoby 3.000 strzałów na minutę; wynalazcą był Anglik J. Judge. Przedstawia ono tarczę metalową o średnicy 1,5 m ważącą 226 kg. Wzdłuż średnicy ma wewnętrzne kanaliki, po których biegnie pocisk od środka ku obwodowi. Silnik elektryczny obraca tarczę z szybkością 12.000 obrotów na minutę. Kąt rzutu otrzymuje się przez pochylenie osi obrotu tarczy. Pociski otrzymują, jak tam podano, szybkość 610 m/s, strzał odbywa się co 4 obroty tarczy (teoretycznie mógłby odbywać się co $^1/_2$ obrotu). Działo to, jeśli można wierzyć, miało wypuścić 18.000 pocisków 75 mm z szybkostrzelnością 3.000 na minutę. Oczywiście, nie ma mowy o celowaniu, bo np. kąt o 1 decygradzie (tj. 1/1.000 kąta prostego) wymaga dokładności 1/800.000 sek dla otwarcia spustu w chwili oddania strzału. O dziale tym więcej nie słyszano [2]).

XI. Działa fantastyczne. Znajdują one swe opisy w literaturze pięknej, np. w opowieści pod tytułem „Życie elektryczne" przez Robida w 1880 r.; autor pu-

---

[1]) p. ppłk. W. Vorbrodt. Najnowsze zdobycze techniki artyleryjskiej, str. 37.

[2]) p. W. T. U. Nr 30, str. 507 i Nr 34, str. 580 — kar. masz. odśrodkowe.

szczając wodze fantazji przewidział również wojnę gazową, strzelanie z dział elektrycznych na odległość 30—40 km i wojnę bakteriologiczną, o czym już było nadmienione.

Można wreszcie wspomnieć o działach *przeciwgradowych*, lecz są to działa „pokojowe".

W. V.

NIEMCY

(ZEITSCHRIFT FÜR DAS GESAMTE SCHIESS — UND SPRENGSTOFFWESEN — 1937 r.).

1. Zapalniki francuskiej amunicji artyleryjskiej podczas wojny światowej. — Inż. C. Weninger (Nr 1).

Wojna 1870/71 r. w sposób bardzo przykry dla Francji wykazała, jak wielkie znaczenie nie tylko dla artylerii jako broni, ale i dla całej kampanii może mieć sprawa zapalników am. artyleryjskiej. Po tej wojnie włożono we Francji bardzo wielki wysiłek w rozwój i ulepszenie zapalników. Sprawie tej poświęcono wielką uwagę również i podczas wojny światowej, ulepszając stare wzory zapalników i wprowadzając na uzbrojenie liczne wzory nowe. Podczas wojny światowej, jak podaje gen. Herr, Francuzi stosowali jednocześnie nie mniej niż 70 rozmaitych wzorów zapalników.

Francja zarówno dawniej miała wielu wybitnych artylerzystów, jak i obecnie posiada oficerów artylerii o wysokim poziomie umiejętności. Kształcenie młodych oficerów we Francji przed wojną obejmowało nauki techniczne w rozmiarach znacznie szerszych niż w Niemczech. Ciekawe jest wobec tego rozpatrzenie, jakimi drogami rozwijała się we Francji sprawa zapalników, które stanowią jeden z najważniejszych problemów techniki artyleryjskiej.

W niniejszym artykuje ograniczamy się do omówienia tylko tych wzorów francuskich zapalników artyleryjskich, które odgrywały ważniejszą rolę podczas wojny światowej.

I. Zapalniki uderzeniowe.

1. Zapalniki bezwładnikowe.

Przede wszystkim rozważmy pokrótce mechaniczne podstawy zapalników uderzeniowych, które przy uderzeniu funkcjonują pod wpływem siły bezwładności,

W zapalnikach tych dla spowodowania detonacji spłonki zapalającej niezbędne jest pewne minimum pracy, którą musi wykonać ruchomy element zapalnika (iglica lub tp.). Pracę tą można wyrazić wzorem:

$$A\ \text{min.} \leq \frac{(v_e - v_z - v_w)^2 \cdot G}{2g}, \text{ gdzie:}$$

A min. — najmniejsza kinetyczna energia w mkg, niezbędna do zapalenia spłonki;
v_e — szybkość pocisku w chwili uderzenia — w m/s;
v_z — szybkość pocisku w chwili zapalenia się spłonki — w m/s;
v_w — strata szybkości mechanizmu uderzeniowego (iglicy) na skutek oporu powietrza i sprężyny oraz tarcia — w m/s;
G — ciężar iglicy uderzeniowej — w kg;
g — przyspieszenie ziemskie — w m/s².

Zapalenie jest tym pewniejsze, im pewniejsze jest uzyskanie danego *A* min. Rozpatrzmy, jakie środki są do dyspozycji w tym celu.

v_e ustalana jest przez wymagania balistyki zewnętrznej i dla naszych celów zmieniana być nie może;

v_z przy danych własnościach (oporze) celu zależne jest od obciążenia poprzecznego pocisku, tj. przy danym kalibrze — od ciężaru pocisku i od jego kształtu; są to więc znów czynniki ustalane głównie na podstawie założeń balistyki zewnętrznej i wymagań w sprawie skuteczności pocisku; obciążenie poprzeczne wzrasta z kalibrem: wynosi ono 0.1 kg/cm² przy kalibrze 50 mm i 0,64 kg/cm² przy kalibrze 420 mm; w pociskach dużych kalibrów zdolność pracy, nadawana mechanizmowi uderzeniowemu przy uderzeniu, jest więc mniejsza niż w pociskach małych;

v_w zależy przede wszystkim od oporu sprężyny lub tp. uderzeń, mających za zadanie przeciwstawić się naporowi powietrza; opór ten ze swej strony uzależniony jest od opóźnienia pocisku, powodowanego przez napór powietrza oraz od ciężaru mechanizmu uderzeniowego; poza tym na v_w ma wpływ tarcie mechanizmu uderzeniowego w swym gnieździe, zależne od siły powodowanej przez wirowanie pocisku. Siła tego tarcia przy większej ekscentryczności środka ciężkości mechanizmu uderzeniowego może osiągnąć stosunkowo znaczną wysokość, tak np. przy szybkości kątowej 1700 sek^{-1} oraz mechanizmie o ciężarze 20 g i odległości punktu ciężkości 10 mm—wynosi ona 58 kg. Ekscentrycznych mechanizmów uderzeniowych należy przeto, o ile możliwe, unikać.

Ciężar mechanizmu uderzeniowego możemy natomiast zmieniać w stosunkowo szerokich granicach.

Jeżeli chcemy, aby zapalnik był możliwie natychmiastowy, tj. aby działał on już przy małych różnicach szybkości v_z — v_e (np. przy strzelaniu odbitkowym), to możemy to osiągnąć tylko przez zastosowanie ciężkiego mechanizmu uderzeniowego.

Zapalnik funkcjonuje tym szybciej, im mniejsza jest odległość pomiędzy iglicą a spłonką. Odległość ta w większości wypadków wynosi tylko kilka milimetrów, a w niektórych zapalnikach iglica po strzale wchodzi w bezpośrednie lekkie zetknięcie ze spłonką.

Do kategorii zapalników uderzeniowych bezwładnikowych należą francuskie zapalniki 24/31 wz. 1899, wz. 1899—08 i wz. 1899—1915, wszystkie oparte na konstrukcji zapalnika inż. Robin'a, oraz zapalnik f. Schneider, stosowany często w pociskach specjalnych artylerii polowej [1].

Zapalniki z krótką zwłoką stosowali Francuzi podczas wojny głównie przy strzelaniu odbitkowym, który to sposób strzelania przyjęto tam od dawna i osiągano nim dobre wyniki.

W powyższych zapalnikach szczególnie uderza prosty, można rzec, niedbały sposób rozwiązania w nich sprawy bezpieczeństwa dział i obsługi przy strzelaniu. Tak np. zapalniki wz. 1899 nie posiadają żadnego urządzenia, któreby zabezpieczało od ich wybuchu w razie jakiegokolwiek opóźnienia się pocisku przy przechodzeniu przez lufę, co od czasu do czasu może się zdarzyć z najrozmaitszych powodów. Również w zapalnikach f. Schneider w wypadku takim następuje co najmniej częściowe ich odbezpieczenie. Wogóle zabezpieczenie wszystkich zapalników tej kategorii jest według poglądów autora zupełnie niewystarczające.

---

[1]) Szczegółowy opis zapalników podany w artykule oraz rysunki ich, jako znane u nas, w recenzji pominięto.

2. Zapalniki natychmiastowe.

Zapalniki, opisane w poprzednim rozdziale, funkcjonują pośrednio dzięki sile bezwładności ruchomego mechanizmu uderzeniowego, zapalniki zaś, omawiane w niniejszym rozdziale, funkcjonują bezpośrednio — przez zderzenie z celem. Tłoczki ich są słabo osadzone w przedniej części kadłubów i uderzenie w cel wbija je do wnętrza. Mechaniczne urządzenie tych zapalników jest prostsze niż zapalników bezwładnikowych. Przy uderzeniu w cel ruchoma część zapalnika (tłoczek lub tp.), posiadająca końcową szybkość pocisku, uzyskuje opóźnienie zależne od jej obciążenia poprzecznego i kształtu. Przy szczególnie lekkim materiale i dużej powierzchni czołowej tłoczka można uzyskać obciążenie poprzeczne, wynoszące 0,001 kg/cm^2 lub jeszcze mniej, tak że opóźnienie przy zderzeniu będzie bardzo duże. Ponadto opór gruntu działa na pocisk całkowicie dopiero wtedy, gdy zagłębi się on do początku cylindrycznej części, podczas gdy na tłoczek zapalnika działa przeważnie w całej pełni od razu przy zetknięciu.

Dla przeciwstawienia się oporowi powietrza tłoczek musi być zaopatrzony w sprężynę lub przetyczkę (zabezpieczony). Zapalniki te, czułością swą znacznie przewyższające zapalniki bezwładnikowe, znalazły tak podczas wojny, jak i po wojnie szerokie zastosowanie w wielu krajach. Działanie odłamkowe granatów wybuchowych po uzbrojeniu ich w zapalniki natychmiastowe wzrosło, tak że wyparły one na drugi plan szrapnele. Przyczyniła się do tego również łatwość strzelania zapalnikami uderzeniowymi w porównaniu ze strzelaniem zapalnikami rozpryskowymi (czasowymi). Zapalniki natychmiastowe wymagają jednak trafienia w cel pod stosunkowo dużymi kątami, gdyż przy kątach małych mogą dawać niewybuchy, o ile nie mają dodatkowego mechanizmu bezwładnikowego.

W literaturze fachowej spotyka się często zdanie, że zapalniki natychmiastowe są „wynalazkiem" francuskim czasu wojny światowej. Jest to niezgodne z rzeczywistością. Historia rozwoju zapalników podaje, że już Hälle (1596) i Siemionowicz (1650) stosowali w zapalnikach swych zasadę bezpośredniego działania. Zapalniki te naturalnie były jeszcze mniej zadawalniające niż zapalnik Démazest'a, wprowadzony we Francji w 1859 r. Podobny zapalnik był stosowany również w Niemczech w 90-ych latach w amunicji małokalibrowych szybkostrzelnych działek. Anglicy na długo jeszcze przed wojną udoskonalili zapalniki bezpośredniego działania i stosowali je również w amunicji większych kalibrów. Francuzi konstrukcyjnie poszli po innej linii niż Anglicy. Główny ich wysiłek skierowany został na podniesienie wzwyż punktu detonacji granatów, co uzyskano przez wydłużenie zapalników.

Pierwszymi zapalnikami tego typu były „fusées détonateurs percutantes *I* (instantanées)" 24/31 wz. 1915 i 22/31 wz. 1915, odróżniające się wzajemnie tylko wymiarami. Zapalniki te funkcjonowały, jak tylko zagłębiały się nieco w ziemię i dawały lepszy efekt odłamkowy niż zapalniki bezwładnikowe; wkrótce jednak zostały one zastąpione przez więcej skuteczne zapalniki, a mianowicie 24/31 *I A* (instantanée allongée) wz. 1915 i *I A L* (L = Lefèvre) wz. 1916.

Bardzo proste i celowe zabezpieczenie tych zapalników od przedwczesnych wybuchów, stosowane zresztą również i w zapalnikach angielskich, zasadą swego działania przypomina znane Krupowskie „Fliehklappenring" [1]). W praktyce jednak

---

[1]) P. Weninger. Aufschlagzünder der holländischen Feldartillerie. Artill. Rundschau. Januar 1937.

okazało się ono nie zupełnie wystarczające. Campana [1]) podaje, że wypadki przedwczesnego funkcjonowania zapalników *I A* i *I A L* były częste na skutek przypadkowego rozwinięcia się zabezpieczających wstęg podczas zrywania cynowych kapturków. Wadę tą zapalników *I A* i *I A L* według jednego z powojennych pomysłów amerykańskich starano się usunąć w ten sposób, że na główkę zapalnika nakładano mocny pierścień, który osuwał się przy strzale i zwalniał mosiężną wstęgę zabezpieczającą.

Drugą ujemną cechą zapalnika *I A L* jest to, że posiada on 2 spłonki pobudzające, obydwie niezabezpieczone. Amerykanie, którzy podczas wojny przyjęli na uzbrojenie ten zapalnik jako wz. Mark III, próbowali zabezpieczyć się przynajmniej od skutków przedwczesnej detonacji jego górnej spłonki pobudzającej i spłonki zapalającej. W tym celu urządzili oni w kanale ogniowym zasuwkę, przesuwającą się skośnie do osi zapalnika i zamykającą kanał ogniowy pod ciśnieniem sprężyny. Dzięki swej ukośnej pozycji zasuwka ta dawała zabezpieczenie również i podczas okresu przyspieszenia i dopiero po zakończeniu tego okresu, na skutek siły odśrodkowej, odsuwała się na zewnątrz i zwalniała kanał ogniowy.

Zapalniki *I A* i *I A L* wystawały z pocisków na 11 cm. Fnnkcjonowały one zanim pociski dosięgały gwintu i dawały w gruncie tylko wyżłobienie 10 do 15 cm. Mniej zadowalniający był wpływ tych zapalników na balistyczne własności pocisków. Wkrótce po wprowadzeniu stwierdzono, że pociski, zaopatrzone w zapalniki długie, przy nastawieniu na 8000 m wykazują donośność w porównaniu z pociskami o zapalnikach krótkich prawie o 500 m mniejszą. Wobec tego w najbliższych latach zaczęto stosować zapalniki krótsze.

W dalszym ciągu artykułu podany jest opis konstrukcji i funkcjonowania zapalników 24/31 *R Y* wz. 1917 i 24/31 *R Y G* [2]) wz. 1919. Zabezpieczenie obu tych wzorów podobne jest w zasadzie do zabezpieczenia zapalnika *I*. Odbezpieczenie ich jednak zachodzi w dwóch następujących po sobie etapach z pewnym opóźnieniem, wpływającym dodatnio na bezpieczeństwo strzału. Pomimo to bezpieczeństwo strzelania tymi zapalnikami pozostawia, zdaniem autora, jeszcze wiele do życzenia. Przedwczesny wybuch jest nieunikniony, jeżeli osiadająca przy strzale główka zapalnika z iglicą z jakiegokolwiek powodu zakleszczy się w swym najniższym położeniu lub gdy złamie się sprężyna, zabezpieczająca główkę od osiadania. Nie ma również pewności, czy długa hartowana iglica stalowa zapalnika nie złamie się przy strzale. Wątpliwości te podziela również Dunin-Marcinkiewicz w artykule swym ogłoszonym w Przeglądzie Artyleryjskim 1930 r. str. 373.

II. Zapalniki podwójnego działania.

Zasadniczy wpływ na rozwój konstrukcyjny zapalników czasowych wywarli Niemcy Bormann i Breithaupt. Pierwszy z nich ścieżkę prochową, umieszczaną dotychczas centralnie wewnątrz pocisków, przeniósł na zewnątrz i umieścił pierścieniowo w zapalniku (1835 r.), drugi umożliwił skalowanie tych zapalników (1854 r.). W następnych latach dopasowywano tylko czas palenia się zapalników do coraz większych donośności. Pierwszy sposób polegał na stosowaniu w zapalnikach czasowych kilku tarczy z prochem ścieżkowym, przez co uzyskano przedłużenie

---

[1]) Compana. Les progrès d'artillerie. 1923. Paris.

[2]) Rémondy typ *G*.

czasu palenia się ścieżki, drugi zaś sposób — na umieszczenie prochu ścieżkowego w rurce, nawijanej spiralnie na stożkowym kadłubie zapalnika. Zapalniki pierwsze zawdzięczają swój rozwój głównie Niemcom, drugie zaś — prawie wyłącznie Francuzom. Można przeto mówić o dwóch odrębnych typach zapalników czasowych: niemieckim i francuskim.

Do szrapneli 75 mm i 65 mm skonstruowano we Francji zapalnik D. E. (double effet) 22/31 wr. 1897.

W zapalnikach czasowych typu niemieckiego odpowiednią gęstość ścieżki prochowej osiąga się przez proste jej zaprasowanie w wyżłobieniach tarcz, wyrób natomiast zapalników francuskich związany jest z uciążliwym procesem przeciągania rurek z prochem ścieżkowym. Rurki te o średnicy początkowej 22 mm, zapełnione prochem i zalutowane, przeciąga się około 75 razy przez coraz węższe matryce aż do uzyskania rurek o średnicy 4 mm i ściankach grubości kilku dziesiątych mm. Otrzymane w ten sposób rurki o długości ostatecznej powyżej 10 m rozcina się na kawałki, które przylutowuje się do kadłuba zapalnika. Lutowanie, którego tu jest dużo, wymaga jednak zdolnych i doświadczonych robotników, tych zaś podczas wojny może zabraknąć. Poza tym, aczkolwiek konstrukcja omawianych zapalników jest bezsprzecznie dobra, aby funkcjonowanie ich było bez zarzutu, niezbędne jest bardzo staranne ich wykonanie.

Zasadniczą wadą zapalników czasowych typu francuskiego jest to, że zapalnik, naskalowany na pewien określony czas palenia się, może być przestawiony jedynie na czas krótszy, nigdy zaś na dłuższy. Zapalników tych nie można poza tym nastawiać na „martwy punkt", co jest możliwe w zapalnikach tarczowych. Przypadkowe zapalenie się ścieżki prochowej kończy się bezwarunkowo wobec tego w zapalnikach francuskich detonacją. Co się tyczy mechanizmu uderzeniowego tych zapalników, to stałego napięcia w nim górnej sprężyny zabezpieczającej nie można uważać za szczęśliwe rozwiązanie. Moc tej sprężyny może przewyższać opór powietrza i obniżać przez to czułość zapalnika albo podczas magazynowania może nastąpić obniżenie napięcia sprężyny, co zagraża funkcjonowaniem mechanizmu wkrótce po wyjściu pocisku z lufy pod wpływem oporu powietrza.

Taki sam zapalnik — tylko bez mechanizmu uderzeniowego — stosowany był w pociskach przeciwlotniczych. W szrapnelach 100 do 155 mm stosowano zapalnik podwójnego działania 30/55 wz. 1899, a dla granatów skonstruowano zapalnik rozpryskowy podwójnego działania 24/31 wz. 1916, stanowiący połączenie zapalnika uderzeniowego wz. 99 z wyżej opisanym zapalnikiem D. E. wz. 97.

Podnoszonej wciąż podczas wojny donośności dział starano się dotrzymać kroku przez przedłużanie rurek z prochem ścieżkowym. Zapalniki otrzymywały coraz więcej zwojów, przybierając wygląd małych wieżyczek. W ten sposób powstały zapalniki 24/31 LD (longue durée) wz. 1917 i wz. 1918 o czasie palenia się 51 lub 75 sekund. Dokładność funkcjonowania tych zapalników była naturalnie nie zadowalniająca już choćby z tego względu, że skuteczna wysokość wybuchu pocisków leży w ciasnych granicach i że stosunek tej wysokości do donośności strzałów w miarę wzrostu donośności stawał się coraz więcej niekorzystny. Innymi słowy — stosunkowa dokładność zapalników musiałaby wzrastać w miarę wzrostu donośności, co w zapalnikach chemicznych jest, jak wskazało doświadczenie, nie do wykonania. Francuzi jednak zmuszeni byli iść tą drogą rozwoju zapalników, gdyż nie rozporządzali, tak jak Niemcy, zadowalniającymi zapalnikami czasowymi mechanicznymi.

III. Ocena

W większości zapalników francuskich uderza wielka oszczędność zużycia na nie materiałów. Z kształtów i wymiarów można je nazwać „wiotkimi" i, jeżeli można użyć tego porównania, przypominają one krzesełka o cienkich nóżkach, jakie często spotyka się w paryskich parkach, a które elegancją swą wzbudzają raczej estetyczne zadowolenie niż zaufanie. Wygląd zapalników francuskich również nasuwa pytanie, czy mogą one sprostać ogromnym zadaniom, jakie oczekują je przy strzale. Zachowanie się ich przy strzelaniu jest jednak, zdaje się, do pewnego stopnia zadowalniające. Inaczej natomiast przedstawia się sprawa z punktu widzenia ich wyrobu. Tolerancje, dopuszczane przy wyrobie, wpływają na sprawność danego mechanizmu tym silniej, im stosunek ich wymiarów do wymiarów zasadniczych jest większy. Ze względów jednak praktycznych wyznaczanie bardzo małych tolerancyj nie jest pożądane, o ile nie wymagają tego specjalne okoliczności. Wobec tego, że zapalniki francuskie zawierają wiele drobnych części składowych, autor skłonny jest przypuścić, że główna część winy za trudności, jakie wystąpiły we Francji w 1914/15 r. przy wyrobie zapalników w wytwórniach, nie mających w tej dziedzinie doświadczenia, oraz za ogromny wzrost liczby przedwczesnych wybuchów przy strzelaniach, spada na konstrukcje zapalników. Wybuchy w lufach, które przyczyniły Francuzom dużo strat, mogły powstawać zresztą również i z braku zabezpieczenia spłonek pobudzających. Kto zna starania, wkładane w Niemczech od lat w opanowanie tego problemu, ten patrzy ze zdziwieniem na zupełne zlekceważenie sprawy zabezpieezenia spłonek w zapalnikach francuskich. Amerykański fachowiec Smith pisze [1]): „System zapalników francuskich, przejęty przez St. Zjedn. podczas wojny światowej, nigdy nie był uważany za zadowalniający". Zdając sobie sprawę z ważności należytego zabezpieczenia spłonek pobudzających, Amerykanie po wojnie zwrócili wielką uwagę na ten konstrukcyjny szczegół w zapalnikach.

Francuskie zapalniki prawie wszystkie bez wyjątku wkręcano do pocisków dopiero na bateriach. Zmuszały do tego — z jednej strony duże zróżniczkowanie zapalników, a z drugiej — względy bezpieczeństwa. W późniejszym okresie Francuzi zaczęli, zdaje się, dążyć do mniejszego zróżniczkowania zapalników, gdyż fusée G. daje możność stosowania go zarówno bez zwłoki, jak z krótką lub długą zwłoką.

Dążenie do stosowania we wszystkich pociskach jednych i tych samych, o ile możliwe, zapalników miało ten skutek, że nie mogły one być należycie dopasowane do balistycznych kształtów pocisków. Zdaniem gen. Herra, zapalniki winny ściśle odpowiadać kształtom pocisków. Wymaga to naturalnie odpowiedniego dobierania zapalników do danych pocisków. Niemieckie zapalniki z czasu wojny wymaganiu temu odpowiadały bardzo dobrze. Możliwe, że w zapalnikach francuskich zrezygnowano z odpowiedniego ich zabezpieczenia odśrodkowego w dążeniu do tego, aby nadawały się one zarówno do pocisków działowych, jak i do amunicji niegwintowanej broni okopowej piechoty.

Zapalniki czasowe francuskie nie wypełniały widocznie podczas wojny należycie swych zadań, gdyż gen. Herr wypowiedział się po wojnie za wprowadzeniem zapalników tarczowych oraz mechanicznych jakości co najmniej takiej, jak zapalniki niemieckie i amerykańskie.

---

[1]) Army Ordnance 1929, I—II.

W zakończeniu, streszczając się, należy stwierdzić, że Francuzi w konstrukcjach swych zapalników poszli zdecydowanie własnymi drogami. Doświadczenie wojny wykazało im, o ile te drogi były słuszne. Niektore z tych konstrukcyj w szczegółach swych wykazują podziwiany przez nas chętnie francuski „esprit", brak im jest jednak „niemieckiej dokładności".

2. *Jak zabezpieczyć się od eksplozyj powodowanych przez statyczne rozładowania?* — Eschbach (Nr 2).

W przemyśle mat. wybuchowych zaszły przed kilku laty wypadki eksplozyj, których powody nie zostały dokładnie wyjaśnione. Dopiero badania ostatnich lat wykazały, jakie mieszanki inicjujące i świetlne, prochy i mat. wyb. kruszące mogą się zapalać od rozładowań statycznej elektryczności. Przez dalsze badania należy wyjaśnić jeszcze, jak przy produkcji tych materiałów powstają elektryczne naładowania lub rozładowania. Istnieją mieszanki zapalne, które w ruchu, szczególnie w nieodpowiednich aparatach, elektryzują się. Jeżeli nastąpi rozładowanie wytworzonej elektryczności, połączone z powstaniem iskry, a mieszanka jest bardzo łatwozapalna, to następuje wybuch. Z drugiej strony możliwe są również wypadki, że części aparatury elektryzują się w ruchu lub przez tarcie o nie mieszanki palnej i to powoduje w następstwie eksplozję.

Powodem eksplozyj mogą być również ludzie, skłonni do elektryzacji, szczególnie, jeżeli są oni w gumowym obuwiu, tj. izolowani od ziemi. Niska zawartość wilgoci w powietrzu sprzyja rozładowaniu statycznej elektryczności.

Jako środki zapobiegawcze od takich rozładowań można wymienić:

1) Dodawanie do palnych mieszanin materiałów przewodzących prąd.

2) Konstruowanie aparatury w ten sposób, aby nie mogły w niej zachodzić naładowania.

3) Utrzymywanie w stanie wilgotnym pracowni, w których przerabia się mieszanki palne.

4) Nie zatrudnianie w niebezpiecznych pracowniach ludzi skłonnych do elektryzacji.

3. *Ciepło eksplozji pentrytu i heksogenu.* — M. Tonegutti (Nr 4).

Dla ciepła eksplozji pentrytu i heksogenu literatura fachowa podaje dość rozbieżne wartości. Zjawisko to tłumaczy się tym faktem, że poszczególni autorzy uzyskiwali te wartości przeważnie z obliczeń, wyniki zaś obliczeń zależne są od przyjętego wzoru rozkładu materiału wybuchowego przy eksplozji.

Badania autora niniejszego artykułu, przeprowadzone w bombie stalowej, analogicznej do bomby stosowanej przez Förga przy badaniach amonali [1]), wykazały, że ciepło eksplozji pentrytu wynosi 1466 kal/kg i heksogenu — 1370 kal/kg, trotylu zaś — 875 kal/kg (woda ciekła). Ciepło to dla pentrytu jest więc nieco większe niż dla heksogenu jak również wyższe od wartości, podanych w większości prac. Natomiast szybkość detonacji i kruszność pentrytu są niższe, nieznacznie zresztą, niż heksogenu. Różnice te jednak na ogół nie są tak duże, aby przy praktycznym stosowaniu obu tych mat. wybuchowych dawały się odczuwać.

---

[1]) p. Z. ges, Schiess- und Sprengstoffw. Nr 11 s. 331 r. 1916 lub „Ammonal". Wien 1917 s. 109—112.

W odnośnikach do artykułu autor podaje wyniki swych badań z pentrytem i heksogenem na szybkość detonacji, prób kruszności, wykonanych w blokach Trauzla, w aparacie Kasta (ze zgniotkami), na płytach metalowych (żelaznych, ołowianych i mosiężnych) oraz metodą Haida i Koenena (z trotylem o zawartości 40 do 50% talku), jak również prób fragmentacji 40 mm pocisków nabitych pentrytem, heksogenem i trotylem.

4. *O obliczaniu temperatury palenia się prochów bezdymnych.*—P. de Pauw. (Nr 5).

Temperaturę palenia się prochów (T_v) można obliczać rozmaitymi sposobami. Najczęściej stosowana metoda polega na obliczaniu jej z ciepła spalania się prochu i ciepła właściwego produktów reakcji. Wadą tej metody było jednak nie dość dokładne ustalenie wartości ciepła właściwego produktów spalania się prochów. Dopiero przed kilku laty Nernst i Wohl na podstawie spektroskopowych pomiarów obliczyli te wartości, ścisłe w dostatecznym stopniu również i dla wysokich temperatur i zgodne z wartościami, podanymi przez B. Lewisa i G. von Elbe dla całki $\int C_v \, . \, dT$.

Nowe wartości te różnią się w pewnych wypadkach bardzo znacznie od wartości, przyjętych przez Kasta (p. Kast. Spreng- und Zündstoffe 1921, s. 59—62).

W niniejszej pracy autor poddaje rozpatrzeniu związek pomiędzy temperaturą palenia się T_v a składem prochu i proponuje dla obliczania temperatury palenia się prochu następujący wzór, ułatwiający obliczenia:

$$T_v = \frac{T_{v_1} - \Sigma \lambda \, . \, n}{100 + \Sigma n} \cdot 100 , \quad \text{gdzie:}$$

T_{v_1} — temperatura palenia się mieszaniny zasadniczych składników prochu,
λ — współczynnik charakterystyczny dla danego dodatkowego składnika prochu i
n — procentowa zawartość danego składnika dodatkowego.

Następnie podaje liczbowe wartości współczynników λ dla rozmaitych dodatkowych składników prochu, jak alkoholu, acetanu, wody, dwufenylaminy itd., oraz tabele temperatur palenia się mieszanin zasadniczych składników (rozmaitych mieszanin nitrogliceryny z nitrocelulozą oraz samej nitrocelulozy o rozmaitych zawartościach azotu) i wreszcie przykład obliczenia T_v dla prochu nitroglicerynowego o danym składzie.

Autor od dłuższego czasu obok zwykłych sposobów obliczania temperatur palenia się prochów stosuje wyżej podany wzór, przy czym otrzymuje różnice nie większe niż 10^0 C. W jednym tylko wypadku różnica wyniosła 20^0 C.

H. R.

5. *Obliczenia balistyczne z pomiarów popędów* — inż. H. Langweiler. (Nr 3).

Autor podaje sposób obliczenia czynników balistyki wewnętrznej: 1) tarcia pocisku w lufie, 2) części prochu spalonego i niespalonego poruszającej się z szybkością pocisku oraz 3) różnicy ciśnień działających na zamek i dno pocisku przy pomocy oznaczonych przy strzale czterech popędów następujących.

a) *całkowitego popędu* broni J_w, który można określić z końcowej szybkości odrzutu swobodnie zawieszonej broni v_B oraz z masy części odrzutowych M:

$$J_w = M \cdot v_B$$

b) *popędu pozostałego* działającego na broń po wylocie pocisku z lufy J_T. Określić go można albo przez pomiar szybkości odrzutu w chwili wylotu pocisku z lufy v_A, z równania $J_T = M(v_B - v_A)$, albo też przez całkowanie krzywej ciśnień od chwili wylotu pocisku P_A do zaniku ciśnienia:

$$J_T = \sigma \int_{P_A}^{P_z = 0} P_z \cdot dt$$

gdzie P_z — ciśnienie wywierane na zamek; σ — powierzchnia przekroju lufy.

Całkowanie to jest usprawiedliwione, gdyż po wylocie pocisku z lufy dalsze przyspieszenie otrzymuje broń tylko od ciśnienia gazów na zamek, przy czym pomijamy ciśnienie na powierzchnię wylotu jako wielkość b. małą z powodu rozprężenia się oraz dużej szybkości gazów wylotowych.

c) *Popędu* J_P wywołanego przez ciśnienie gazów na zamek od chwili zapalenia się prochu do chwili wylotu pocisku z lufy. Całkuje się w tym celu krzywą

$$J_P = \sigma \int_{P_z = 0}^{P_A} P_z \cdot dt$$

Całkowanie to można przeprowadzić przez planimetrowanie krzywej ciśnień w funkcji czasu, otrzymanej jedną ze znanych metod lub też bezpośrednio przy pomocy galwanometru balistycznego i piezo-indykatora.

d) *Popędu* J_G *pocisku* w chwili wylotu pocisku z lufy. Ten popęd otrzymuje się z masy pocisku m i szybkości początkowej v_0.

$$J_G = m \cdot v_0$$

Z otrzymanych w ten sposób czterech popędów możemy obliczyć następujące czynniki balistyki wewnętrznej.

1. Tarcie pocisku w lufie.

Na broń działają dwie siły: ciśnienie gazów na zamek P_z oraz tarcie pocisku R. Popęd całkowity broni J_w musi być równy sumie całki ciśnienia i tarcia względem czasu:

$$J_w = \sigma \cdot \int_{t=0}^{t=\infty} P_z \cdot dt - \int_{t=0}^{\text{wylot pocisku}} R \cdot dt \qquad (1)$$

Jeśli przez t_w oznaczymy czas od chwili zapalenia się prochu do chwili wylotu pocisku z lufy, a przez R_m średnie tarcie pocisku w lufie, to:

$$\int_{t=0}^{t=t_w} R \cdot dt = R_m \cdot t_w \qquad (2)$$

Całka $\sigma \int_{t=0}^{t=\infty} P_z \, . \, dt$ składa się z dwu popędów

$$J_P = \sigma \int_{P_z=0}^{P_A} P_z \, . \, dt \quad \text{oraz} \quad J_T = \int_{P_A}^{P_z=0} P_z \, . \, dt$$

Zatem

$$R_m \, . \, t_w = J_P + J_T - J_w$$

$$R_m = \frac{J_P + J_T - J_w}{t_w} \tag{3}$$

Czas t_w można odczytać z wykresu. Średnie tarcie R_w jest dla danego działa i pocisku wielkością stałą. Pomiary jego w miarę strzelania mogą być bardzo cennym środkiem do oceny zużycia się lufy. Przybliżoną zależność między średnim tarciem a oporem wciskania da się wyprowadzić następująco:

Z rozważań geometrycznych znany jest odcinek drogi, o jaką musimy przesunąć pocisk w kierunku osi lufy, aby przezwyciężyć opór wciskania. Krzywe drogi i czasu pocisku w lufie (z pomiarów odrzutu) wyznaczają dla tego odcinka czas przelotu $t_{R'}$ który w przybliżeniu wynosi połowę całkowitego czasu przelotu pocisku przez lufę. Jeśli pominąć tarcie poza odcinkiem wciskania, to jako średni opór wciskania otrzymamy wielkość około dwukrotnie większą niż średnie tarcie. Jeśli jeszcze uwzględnić, że ze swej strony opór wciskania nie jest wielkością stałą, lecz poczynając od zera wzrasta prawie prostoliniowo do swego maksimum W i potem znów prawie prostoliniowo opada (patrz krzywe tarcia w publikacji R. E. Kutterera *„Messung des Geschosswiderstandes im Rohr"*, Wehrtehn. Monatshefte, Heft 12/1935) [1]) to maksymalny opór wciskania W jest równy podwójnemu średniemu oporowi wciskania oraz prawie poczwórnej średniej watości tarcia

$$W \gtrsim 4 \, R_m \tag{4}$$

Zamiast współczynnika 4, zależnie od okoliczności, może występować inna wartość, którą dla różnych kształtów pocisków należy obliczyć lub oznaczyć doświadczalnie, aby ze zmierzonego średniego tarcia R_m otrzymać maksymalny opór wciskania.

2. *Część λ ładunku poruszająca się z pociskiem.*

W chwili wylotu pocisku popęd części odrzutowych musi się równać popędowi mas idących do przodu.

Popęd masy odrzutowej w chwili wylotu pocisku otrzymuje się ze zmierzonego popędu całkowitego broni J_w przez odjęcie popędu pozostałego J_T. Masa idąca do przodu składa się z pocisku, gazów i niespalonych cząstek prochowych. Ponieważ popęd pocisku $J_G = m \, . \, v_0$ jest znany, można więc obliczyć popęd gazów prochowych J_v.

---

[1]) Patrz również *Mémorial de l'Artillerie Française* Tom XV str. 967 E. Kutterer „Mesure de la resistance du projectile dans l'âme". (Przyp. rec.) oraz W. T. Uzbr. Nr 36 str. 289.

Z równania $J_w - J_T = J_G + J_v$ otrzymujemy:

$$J_v = J_w - (J_G + J_T) \tag{5}$$

Z popędu gazów prochowych J_v da się obliczyć część λ ciężaru ładunku $Ł$, jeśli założymy, że porusza się ona w chwili wylotu pocisku z lufy z szybkością równą szybkości pocisku. [1])

$$\lambda \cdot \frac{Ł}{g} \cdot v_0 = J_v \tag{6}$$

skąd

$$\lambda = \frac{J_W - (J_G + J_T)}{Ł/g \cdot v_0} \tag{7}$$

3. *Różnica ciśnień na dno pocisku i zamek.*

Na pocisk w ruchu działają siły następujące: ciśnienie gazów prochowych na jego dno P_p, oraz tarcie R. Suma całek obu sił względem czasu od chwili zapalenia się prochu do wylotu pocisku udziela pociskowi wspomniany wyżej popęd J_G.

Z równania

$$\sigma \int_{t=0}^{t=t_w} P_p \, . \, dt - \int_{t=0}^{t=t_w} R \, . \, dt = J_G \tag{8}$$

po przeróbce i podstawieniach otrzymamy, oznaczając różnicę $P_z - P_p$ przez P_d:

$$P_d = \frac{J_w - (J_G + J_T)}{\sigma \, . \, t_w} \tag{9}$$

4) *Doświadczenia autora.*

Na podstawie powyższych rozważań autor przeprowadził doświadczenia w lufie karabinowej z amunicją s. S (odpowiadającą naszej Sc). Dla określenia całkowitego popędu zawieszano kb. ciśnieniowy swobodnie jako wahadło; z odrzutu wahadła przy strzale określano końcową szybkość odrzutu v_B oraz całkowity popęd $J_w = M \, . \, v_B$.

Ciśnienie gazów oznaczano w funkcji czasu przy pomocy piezo-indykatora Zeiss-Ikon. Na wykresach oznaczano elektrycznie chwilę wylotu pocisku.

Szybkość początkową pocisku określono przy pomocy chronografu iskrowego.

Otrzymano następujące wartości:

a) $J_w = M \, . \, v_B = 1.3220$ kg. sek.

b) Pozostały popęd, oznaczony przez graficzne całkowanie całki od wylotu pocisku

$$P_T = \sigma \int_{P_A}^{P_z = 0} P_z \, . \, d\,t = 0.2106 \text{ kg. sek.}$$

[1]) Zastrzeżenie to jest podstawą rachunku masy pozornej we wszystkich nowoczesnych metodach balistyki wewnętrznej (przyp. rec.).

c) Popęd ciśnienia gazów od zapalenia prochu do wylotu pocisku — przez graficzne całkowanie pierwszej części krzywej

$$J_P = \sigma \int_{t=0}^{t=t_w} P_z \, . \, dt = 1.1896 \text{ kg. sek.}$$

przy czym

$$t_w = 1.62 \, . \, 10^{-3} \text{ sek.}$$

d) Popęd pocisku przy wylocie, gdzie zmierzono $v_0 = 769{,}8$ m/sek:

$$J_G = M \, . \, v_0 = 1.0044 \text{ kg. sek.}$$

Otrzymane wyniki są średnimi z siedmiu pomiarów.

Z równania (3) otrzymano średnie tarcie:

$$R_m = 48.3 \text{ kg.}$$

Według równania (4) maksymalny opór wciskania wynosi:

$$W = 193 \text{ kg.}$$

Wartość ta dobrze zgadza się ze zmierzoną bezpośrednio przez Kutterera (w cytowanej pracy) dla pocisku *Sc* wielkością oporu wciskania 172 kg.

Część ładunku λ poruszająca się z szybkością pocisku wynosi w chwili wylotu pocisku wg równania (7) ($Ł = 2{,}85$ gr)

$$\lambda = 0.48$$

Wartość ta doskonale zgadza się z założeniem Sébert'a.

Średnia różnica ciśnień na dno pocisku i zamek wg równania (9) wynosi: ($\sigma = 0{,}517$ cm^2)

$$P_d = 128 \text{ kg/cm}^2$$

Dokładność pomiarów wynosiła $\pm$ 5%. *D. S.*

6. Eksplozja w dziale trotylowym wytwórni Saint Chamas i eksplozje w innych wytwórniach trotylu. [wg Zentralblatt für Gewerbehygiene und Unfallverhütung. 1937] — Dr Leymann. (Nr 5).

Dn 16 listopada 1936 r. we francuskiej wytwórni państwowej Saint Chamas zdarzyła się duża eksplozja. Według wiadomości podanych w prasie, najpierw powstał pożar w jednym ze zbiorników, w których przechowywano kwasy odpadkowe z produkcji trotylu. Pożar ten, pomimo szybko wszczętej akcji obronnej, rozprzestrzenił się, objął pomieszczenie nitracji i wywołał kolejną eksplozję trzech znajdujących się tam nitratorów. Wypadek spowodował zniszczenie większości budynków wytwórni, śmierć 60 osób i zranienie, mniej lub więcej ciężkie, ok. 200 osób.

Z jakiego powodu zapaliły się odpadki trotylowe, nie dało się stwierdzić. Robotnik, obsługujący ten dział, który przypadkowo uszedł z życiem, nie mógł tego wyjaśnić. Nie mogła ustalić powodu powstania pożaru również i komisja techniczna wyznaczona przez M.S.Wojsk. Wysunięto więc przypuszczenie, że odpadki z nieustalonych powodów zewnętrznych uległy rozkładowi i przez to zapaliły się.

Bardzo podobny do powyższego był wypadek dnia 13 czerwca 1935 r. w wytwórni Reinsdorf, spowodowany również przez rozkład i zapalenie się odpadków w dziale trotylowym[1]).

Pożar miał jakoby powstać tu na skutek upuszczenia do zbiornika z kwasami odpadkowymi rękawicy wełnianej, zacerowanej bawełną lub pudełeczka z pewną ilością waty, które robotnik, obsługujący zbiornik, przyniósł do wytwórni ze względu na swe chore ucho. Działanie kwasów na bawełnę lub watę miało wywołać zapalenie się odpadków. Przypuszczenie to nie jest specjalnie przekonywujące, choć nie wykluczone, że jest ono trafne.

Bardzo podobny przebieg miał również i trzeci wypadek — w jednej z niemieckich wytwórni trotylu w 1916 r., zapoczątkowany przez powstały z niewyjaśnionych przyczyn pożar w pomieszczeniu zbiorników kwasów odpadkowych.

W żadnym z powyższych wypadków przyczyna zapalenia się kwasów odpadkowych nie została zupełnie dokładnie wyjaśniona. Wobec takiego stanu rzeczy należy się liczyć z możliwością samoczynnego rozkładu odpadków produkcji trotylu i stosować odpowiednie środki zapobiegawcze. Należy więc nie tylko zapobiegać powstaniu pożaru, ale zabezpieczyć się również, aby pożar, który pomimo wszystko może powstać, nie znalazł sprzyjających warunków do rozprzestrzeniania się, gdyż tak sam trotyl jak i mieszanki nitrotoluenów z kwasami mogą być przez rozgrzanie doprowadzone do gwałtownego rozkładu i eksplozji. Z tego względu w wytwórniach trotylu wszędzie, gdzie tylko to jest możliwe, należy unikać stosowania drzewa oraz innych palnych materiałów. Nie tylko same budynki powinny być z materiałów ogniotrwałych, ale również pomosty, schodki, balustrady, wyciągi itp. w tych budynkach należy robić z materiałów niepalnych, szczególnie nie z drewna. Wymaganie to powinno obowiązywać wszystkie zakłady, produkujące lub przerabiające dwu lub wyższe nitropochodne rzędu benzenu oraz trój lub wyższe nitropochodne związków aromatycznych szeregów wyższych. Słuszności tego wymagania dowodzą: duża eksplozja w dziale kwasu pikrynowego wytwórni chemicznej Griesheim-Elektron w 1901 r., eksplozja w wytwórni Witten w 1907 r. oraz kilka innych wypadków, zaobserwowanych w wytwórniach chemicznych.

Wypadki rozkładu, wypalania się i eksplozyj mogą zachodzić również i przy nitracji związków aromatycznych[2]). Im wyżej nitruje się dane związki, tym niebezpieczeństwo naturalnie jest większe. Jest ono przeto stosunkowo duże przy wyrobie tak wysoko nitrowanego związku jak trotyl. W Niemczech podczas wojny światowej, gdy produkowano trotyl w ogromnych ilościach, wypadki rozkładu lub wypalania się zawartości nitratorów zachodziły dość często i były powodem kilku dużych eksplozyj.

Centralny Urząd Nadzorczy, który bardzo szczegółowo badał wszystkie te wypadki, tłumaczył je przede wszystkim wysokim wzrostem temperatury mieszanki kwasowej, często do 140^0 C., przy trójnitracji. W związku z tym zaproponowano, aby przy nitracji tej nie przekraczać temperatury 110^0, a w następstwie uznano za wskazane obniżyć tę temperaturę nawet do 95^0 [3]).

---

[1]) p. Wiad. Techn. Uzb. Nr 34 s. 610.

[2]) p. Leymann. Zerknalle der Nitrierapparate. Zbl. Gewerbehygiene 1929. s. 263.

[3]) p. Kast. Spreng-und Zündstoffe s. 257.

Jako drugi czynnik, mogący powodować rozkład zawartości nitratora, uznano to, że kwasy nitracyjne, szczególnie po wielokrotnym użyciu ich, mogą zawierać stosunkowo znaczne ilości kwasu podazotowego i innych tlenków azotu, skłonnych do oddawania tlenu i tworzenia związków o niskiej stałości. Z analogicznych względów zalecono, aby metanitrotoluen, powstający przy pierwszej nitracji obok orto- i para-nitrotoluenów, usuwać przed dalszą nitracją, gdyż łatwo się on utlenia.

Poza tym zwrócono uwagę, że nowe nitraty są często bardzo skomplikowanej konstrukcji, trudne do należytego dozorowania ich. Posiadają one oprócz mieszadeł przewody parowe oraz chłodnice, z których w razie ich nieszczelności lub uszkodzenia para lub woda może się dostać do mieszanki nitracyjnej i spowodować jej raptowne zagrzanie się i rozkład.

Przyczyniać się do powstawania niestałych związków i wskutek tego do rozkładu mogą również alifatyczne węglowodory, znajdujące się w technicznym toluenie w ilościach dochodzących do 2%. Wchodzi to w rachubę jednak tylko wtedy, gdy toluen przerabia się na trotyl w jednej operacji.

Centralny Urząd Nadzorczy zalecił przeto stały, staranny dozór nad całą nitracją, w szczególności nad składem mieszanek i ich temperaturą oraz nad jakością toluenu. Wobec tego jednak, że wypadki wraz z ich skutkami mogą pomimo wszystko zdarzać się, Centralny Urząd Nadzorczy przy produkcji trotylu słusznie nakazał zachowywanie środków ochronnych takich, jak przy produkcji materiałów wybuchowych kruszących. Zwłaszcza uznał on za pożądane, aby ustawiać nitratory w zagłębieniach poniżej poziomu gruntu i rozdzielać je jeden od drugiego solidnymi wałami ziemnymi, tak aby każdy nitrator był w swojej oddzielnej niszy, otwartej z przodu. Dalsza praktyka podczas wojny na wielu wypadkach stwierdziła, że zalecenia te były słuszne. Analogiczne środki zabezpieczenia należałoby zastosować również przy przechowywaniu i przeróbce odpadków fabrykacji trotylu.

7. *Ochrona przeciwpożarowa magazynów.* Wnioski oparte na specjalnej próbie pożaru. — Inż. C. Schweninger (Nr 6).

Przy budowie wszelkich magazynów należy dbać o to, aby pożar, który może ewentualnie powstać w sąsiedztwie, zagrażał im w możliwie minimalnym stopniu. Szczególnie ważne to jest przy budowie magazynów, przeznaczonych do przechowywania prochów i mat. wybuchowych, których pożar zagraża wtórnymi zjawiskami: eksplozjami i zniszczeniem otaczających objektów. W związku z powyższym, wobec tego że magazyny mat. wybuchowych z pewnych względów budowane są często w lasach, uznano za celowe przeprowadzenie próby pożaru, odtwarzającego w sposób przesadny pożar lasu, celem ustalenia:

1. jak przeciwstawia się takiemu pożarowi magazyn ze zwykłych materiałów budowlanych;

2. jakimi środkami można najlepiej zabezpieczyć łatwopalne części takiego magazynu;

3. jakie temperatury przy takim pożarze wytwarzają się w magazynie oraz w złożonych w nim skrzyniach, co pozwoli osądzić, jakie materiały można przechowywać w tego rodzaju magazynie bez groźby ich zniszczenia w czasie pożaru lasu.

Do próby zbudowano magazyn o wymiarach wewnętrznych $8 \times 4 \times 2{,}5$ m, ścianach grubości 25 cm z cegieł, wyrobionych z betonu żużlowego i o płaskim po-

kryciu dachowym z płyt takiegoż betonu, krytych papą. W obu podłużnych ścianach magazynu było po 6 otworów wentylacyjnych oraz po 2 okna, w każdej zaś ścianie szczytowej — 1 drzwi drewniane. Otwory wentylacyjne dla zabezpieczenia od wpadania w nie iskier przykryte były dwiema siatkami z blachy cynkowej, wszystkie zaś 4 okna oraz drzwi od strony północnej — płytami z niepalnego materiału (ksylolitu). Drzwi od strony południowej wraz z daszkiem drewnianym nad wejściem jak również część wystających nazewnątrz krokwi pomalowano farbą ochronną (intravanem).

Wewnątrz magazynu w odległościach 80 cm od ścian ustawiono kosze i skrzynki transportowe w stosy wysokości 2 m. Aby wytworzyć warunki więcej ostre niż podczas przypuszczalnego pożaru lasu, zzewnątrz z trzech stron w odległości 1 m od ścian magazynu ułożono do wysokości dachu stosy z polan sosnowych łącznej objętości 50 m^3. Stosy te oblano olejem płucznym (Spülöl) i smołą, po czym obłożono chrustem. Chrustem pokryto również dach magazynu.

W dniu próby był lekki północno-zachodni wiatr i temperatura około + 8° C. Wewnątrz budynku w chwili rozpoczęcia próby temperatura wynosiła 16 do 18° C.

Dla mierzenia temperatur, panujących w magazynie podczas próby, zainstalowano w nim termoelementy w łącznej ilości 11 sztuk na ścianach magazynu, na ogniotrwałych osłonach okien oraz na stosach, część zewnątrz skrzynek na różnych wysokościach, a część — wewnątrz.

P r z e b i e g p r ó b y. O godz. 0^{00} (tak oznaczano umownie czas rozpoczęcia próby) stosy polan, otaczające magazyn, po oblaniu ich benzyną podpalono jednocześnie z 3 stron. Po 4 minutach (o g. 0^{04}) palił się już cały chrust na dachu budynku. O g. 0^{06} zaczęły się palić nie pokryte powłoką ochronną wystające części krokwi dachowych. O g. 0^{14} większa część stosu polan, ustawionego na wprost zachodniej podłużnej ściany (od strony nawietrznej), zwaliła się, tak że palące się polana były tuż przy murze. Ognia na dachu wówczas już nie było, gdyż cały chrust i papa spaliły się całkowicie.

Za decydujące można uważać pomiary i obserwacje, poczynione do g. 0^{28}, gdyż w tym momencie według opinii obecnych przy próbie, rzeczoznawców w sprawach leśnych, ogień oddawna przekroczył wielokrotnie rozmiary, możliwe przy pożarze lasu. Do momentu tego, jak to ustalono z obserwacji, ogniotrwałe zasłony drzwi i okien nie uległy znaczniejszym uszkodzeniom.

O g. 0^{30} przepaliły się siatki z blachy cynkowej w otworach wentylacyjnych od strony zachodniej i ogień tą drogą przedostał się do wnętrza budynku.

O g. 1^{05} przystąpiono do usuwania palących się polan i gaszenia pożaru.

Po zakończeniu właściwej próby otworzono drzwi południowe celem stwierdzenia stanu skrzyń znajdujących się w magazynie. Stwierdzono przy tym, że kilka belek dachowych tliło się pod wpływem płomieni przenikających przez otwory wentylacyjne. Po otwarciu drzwi i dopływie przez nie powietrza zapaliły się one naturalnie natychmiast płomieniem. Spowodowało to ponowny pożar budynku i dodatkowe jego zniszczenie. Nastąpiło to wyłącznie z następujących przyczyn:

1. Siatki z blachy cynkowej przepaliły się, umożliwiając przez to dostanie się ognia do wnętrza budynku. Fakt ten nie zdarzyłby się, gdyby siatki były z materiału ogniotrwałego (z żelaza lub gliny).

2. Płomień, przenikający przez otwory wentylacyjne, spowodował zapalenie się belek nie pokrytych powłoką ochronną. Intensywne jednak palenie się ich

nastąpiło dopiero po umożliwieniu dopływu świeżego powietrza do budynku przez otwarcie drzwi.

Wyniki próby i wnioski. Wyniki pomiarów temperatur w przeciągu półgodzinnej próby, odtwarzającej pożar lasu, przedstawiają się następująco:

Na wewnętrznych ścianach budynku temperatura, jak stwierdzono, doszła do ok. 150° C., na wewnętrznej zaś stronie ogniotrwałych osłon okiennych nawet do 250° C. Natomiast na zewnętrznej stronie skrzynek, ustawionych w stosy wewnątrz budynku, wynosiła ona najwyżej 120 do 160°, a wewnątrz tych skrzynek nie przekroczyła w wyżej wskazanym okresie czasu 65° C., osiągając wyższy poziom 100° i więcej dopiero wtedy, gdy powstał pożar wewnątrz budynku.

Próba powyższa wykazała, że osłonięcie drzwi i okien płytami ksylolitowymi stanowi dostateczne zabezpieczenie ich w razie pożaru lasu. Temperatura ok. 250° C., stwierdzona na wewnętrznej stronie tych osłon w okresie próby, nie spowodowała ich uszkodzenia.

Gdy podczas pożaru wewnątrz budynku płomienie przez otwarte drzwi dosięgły drewnianego daszku nad wejściem, to w kilku nie zaimpregnowanych miejscach drzewo zaczęło się palić. Ogień ten jednak zgasł po dojściu do belek pokrytych „intravanem". Wskazuje to, że tego rodzaju impregnowanie drewnianych części magazynu jest jako zabezpieczenie od ognia bardzo ważne, ale nie wystarczające.

W sprawie magazynowania, bezpiecznego na wypadek pożaru lasu, wyłaniają się z opisanej próby jako orientacyjne następujące wnioski:

a) w magazynach znajdujących się w lesie można przechowywać materiały luźne (bez opakowania) tylko takie, które wytrzymują bez rozkładu ustaloną przy próbie temperaturę 150° do 160° C. i to, o ile magazyny posiadają ściany równowartościowe ze ścianami grubości 25 cm z betonu żuzlowego, a okna i drzwi zabezpieczone zasłonami z ksylolitu lub innego, równie dobrze zabezpieczającego od ognia materiału;

b) w magazynach tego rodzaju można przechowywać w szczelnych skrzynkach również i takie materiały, które ulegają uszkodzeniom lub tracą na wartości dopiero przy ogrzaniu powyżej 60° do 70° C.

Zastrzega się przy tym, że tak materiały luźne jak i stosy skrzynek z przechowywanymi materiałami winny być w odległości co najmniej 80 cm od ścian i pułapu magazynu.

8. *O oznaczaniu szybkości detonacji materiałów wybuchowych.* — H. Selle. (Nr 7).

Podane tu jest tabelaryczne zestawienie z powołaniem się na odnośną literaturę oraz krótki opis metod oznaczania szybkości detonacyj materiałów wybuchowych, a mianowicie:

1. metoda mierzenia przy pomocy chronografu Boulangé,
2. metody Pouilleta,
3. metody kandensatorowej,
4. metody oznaczania chronografem iskrowym,
5. metody oznaczania chronografem optycznym,
6. metody oznaczania chronografem Fredericha,
7. metody Dautriche'a.

Najprostszą ze wszystkich tych metod, a jednocześnie dostatecznie dokładną

jest niewątpliwie metoda Dautriche'a z lontem detonującym o znanej szybkości jako miernikiem czasu.

Przy pomocy chronografu iskrowego lub chronografu optycznego jak również metodą Dautriche'a można oznaczać szybkości detonacji mat. wybuchowych z dokładnością powyżej ± 1%. Należy mieć na względzie, że na wyniki, uzyskiwane metodą Dautriche'a, wpływają ewentualnie błędy poczynione przy uprzednim pomiarze szybkości detonacji lontu.

Szybkości detonacji jednakowych ładunków wybuchowych podlegają nie rzadko wahaniom, przekraczającym granice błędu metod oznaczania. Nie zaleca się przeto wyrażać szybkości detonacji w zbyt dokładnych liczbach.

9. *Stopy miedzi z berylem i brąz aluminiowy; zastosowanie ich w przemyśle materiałów wybuchowych.* [wg Chemical and Metalurgical Engineering Vol 43 Nr 11/36] — Ritter. (Nr 7).

Przy pracach z cieczami i gazami palnymi oraz z materiałami wybuchowymi, mogącymi od iskry zapalać się lub wybuchać, obowiązuje ze względów bezpieczeństwa stosowanie narzędzi nie dających iskier.

Wyrób takich narzędzi datuje się stosunkowo od niedawna. Szczególnie wyrób narzędzi nie iskrzących, a jednocześnie posiadających odpowiednią twardość i moc — jest zdobyczą ostatnich lat. Narzędzia takie wyrabiane są najczęściej z brązu aluminiowego oraz ze stopu miedzi z berylem. Twardość pierwszych waha się w granicach 100° do 350° Br., drugich zaś — 300° do 400° Br. Są one jednak drogie. Młotek z brązu aluminiowego jest dwukrotnie, a ze stopu miedzi z berylem czterokrotnie droższy od takiegoż młotka stalowego. Nie powinno to jednak stanowić przeszkody do stosowania tych narzędzi tam, gdzie wchodzi w grę życie ludzkie.

10. *Pierwsza pomoc przy oparzeniach.* — Dr Freitag (Nr 10).

W wielu wytwórniach chemicznych nierzadkie są wypadki oparzenia kwasami lub ługami. Oparzenia te trudne są często do zagojenia i łatwo ropieją. Łatwość ich gojenia się w bardzo dużym stopniu zależy od środków zastosowanych natychmiast po oparzeniu.

S t o s o w a n i a w o d y, jako pierwszej pomocy przy oparzeniach, n a l e ż y b e z w z g l ę d n i e u n i k a ć. Zaleca się natomiast stosowanie tłuszczów i olejów, o ile możliwe sterelizowanych, aby uniknąć zakażenia rany. Jak najszybsze użycie odnośnego środka jest przy oparzeniach kwestią pierwszorzędnej wagi. Już kilkuminutowa zwłoka może przy większych oparzeniach powodować szkodliwe skutki.

Bardzo skutecznym środkiem, a mało znanym w szerokich kołach, jest przy oparzeniach dostępny dla każdego alkohol etylowy, przy czym najskuteczniejszy jest alkohol bezwodny. Skutki, osiągane przy użyciu bezwodnego alkoholu, są wprost zdumiewające. Szybkie zastosowanie alkoholu przy oparzeniach mniejszych zabezpiecza nawet od powstawania pęcherzy. Stosuje się go w następujący sposób: ręce itp. zanurza się w alkoholu, nalanym do płaskiego czystego naczynia, na inne oparzenia nakłada się opatrunek zwilżony alkoholem i często się go zmienia. Opa-

rzenia gorącym silnym kwasem lub ługiem przemywa się dużą ilością alkoholu i nakłada na nie opatrunki zwilżone bezwodnym alkoholem.

Alkohol przez swe działanie chłodzące łagodzi ból i, co najgłówniejsze, zabezpiecza od zakażenia, które łatwo może nastąpić przy stosowaniu tłuszczu lub oleju.

Dalsze leczenie cięższych oparzeń należy naturalnie do kompetencji lekarza, pierwsza jednak pomoc, polegająca na obmyciu alkoholem i nałożeniu opatrunku zwilżonego alkoholem, daje zwykle bardzo dobre wyniki. W związku z tym, we wszystkich tych zakładach, w których wypadki oparzenia nie należą do rzadkości, jest rzeczą pożyteczną stałe przechowywanie kilku litrów bezwodnego alkoholu w szklanych butlach, odpowiednio zabezpieczanych od nienależytego użycia, bez utrudniania jednak przez to korzystania z alkoholu w każdej chwili w razie nagłej potrzeby. Ponadto należy w odpowiednich miejscach wywiesić opis użycia alkoholu przy oparzeniach z ostrzeżeniem, aby nie stosować go w pobliżu płomienia, gdyż zagraża to pożarem.

Jedną z najnieprzyjemniejszych komplikacyj, występujących przy większych oparzeniach, jest zatrucie organizmu powodowane według wszelkich danych przez procesy rozkładu wewnątrz ran. Stosowane dotychczas metody leczenia oparzeń (oleje, puder itp.) nie zabezpieczały od możliwości występowania zatruć. Przy rozkładzie skóry i mięsa pod wpływem wysokiej temperatury wytwarzają się specyficzne produkty, które przechodzą do krwiobiegu i powodują szereg zjawisk, określanych jako zatrucie organizmu. Ważne jest przeto zapobiec w miarę możności przenikaniu tych produktów do krwi. Zadanie to wyśmienicie wypełnia tanina. Sposób jej użycia przy oparzeniach opracowano w szpitalu zakładów H. Forda w Detroit. Sposób ten, bardzo prosty, polega na opryskiwaniu oparzelin 5%-wym roztworem taniny przy pomocy małego rozpylacza. Tanina jako garbnik posiada zdolność mocnego wiązania produktów rozkładu, powstających przy oparzeniu, i zatrzymywania ich na powierzchni ran, uniemożliwiając w ten sposób przedostawanie się ich do krwiobiegu. Dzięki stosowaniu taniny śmiertelność od większych oparzeń spadła w niektórych szpitalach z 30% na 20%. Drugą zaletą taniny jest silne łagodzenie bólu i trzecią — wytwarzanie na ranach powłoki, początkowo brunatnej, a następnie czarnej, która ułatwia gojenie się i eliminuje potrzebę bolesnej dla pacjenta zmiany opatrunków.

W związku z tym, w zakładach, gdzie zagraża niebezpieczeństwo oparzeń wskazane jest przechowywanie roztworu taniny, nadającego się do bezpośredniego użycia oraz pouczenie personelu o sposobie jego stosowania. Zasadniczą sprawą w wypadku oparzenia jest jak najszybsze zastosowanie tego czy innego środka leczniczego, gdyż wszelka zwłoka w podaniu pierwszej pomocy przy większych oparzeniach może powodować bardzo szkodliwe skutki.

11. Stabilizujące własności rozmaitych związków przy porównawczym ich badaniu metodą Talani'ego i metodą Thomasa. — M. Tonegutti. (Nr 11).

Przy wyrobie nowoczesnych prochów o niskiej zawartości (20% — 30%) nitrogliceryny zamiast acetonu stosuje się, jak wiadomo, nielotne organiczne substancje, które pozostają w gotowych do użytku prochach jako ich składowa część i umożliwiają wyrób prochów równie szybki jak zwykłych balistytów.

Wchodzące w rachubę substancje tego rodzaju poza własnościami żelatynizującymi posiadają zwykle jeszcze zdolność obniżania temperatury palenia się i łagodzenia przez to działania erozyjnego prochów. Niektóre z tych substancyj wykazują ponadto wybitne własności stabilizacyjne, które to własności, wobec żelatynizacji omawianych prochów przy podwyższonych temperaturach, należy uważać za niezbędne, gdyż dzięki nim wzrasta bezpieczeństwo produkcji oraz trwałość gotowego produktu.

Typowym, jak wiadomo, przykładem związku żelatynizującego o własnościach stabilizacyjnych jest symetryczny dwuetylodwufenylomocznik, czyli tzw centrolit.

O jakichkolwiekbądź systematycznych badaniach własności stabilizujących tych substancyj w literaturze technicznej nie znajdujemy żadnych wzmianek poza ogłoszoną w 1933 roku w „Chimie et Industrie", pracą Gina i Gnastalla, którzy zbadali stabilizujące własności kilku żelatywizatorów (centrolitu, ftalidu, alfanaftylouretanu i etyloksanilidu) porównawczo z aniliną i dwufenyloaminą, oznaczając ich „indeksy nitrometryczne" tj. obniżenie ilości azotu, otrzymywane w nitrometrze Lunge'go przy prochach zawierających dane substancje stabilizujące, w porównaniu z ilościami otrzymywanymi przy tychże prochach bez stabilizatorów.

W pracy tej, jedynej w tej dziedzinie, nie została jednak uwzględniona żadna z tych kilku substancyj, które, zwłaszcza w ostatnich latach, znajdywały częste zastosowanie w produkcji prochów bezdymnych.

Autor niniejszego artykułu, posługując się metodą badania Talani'ego oraz równolegle metodą Thomasa, poddał badaniom następujące związki używane jako żelatynizatory:

symetryczny i niesymetryczny dwuetylodwufenylomocznik
dwufenylouretan i etylofenylouretan,
ftalid, dwuamylo- i dwubutyloftalen,

Następnie — dla porównania — związki, używane wyłącznie jako stabilizatory (anilinę, dwufenyloaminę oraz niesymetryczny dwufenylomocznik, tzw. akardyt) i wreszcie substancje, stabilizujące i jednocześnie obniżające temperaturę palenia (fenantren i wazelinę rozmaitych gatunków).

Po szczegółowym opisie sposobu przeprowadzenia badań i przytoczeniu ich wyników — wnioski, wypływające z nich, autor streszcza w następujących twierdzeniach:

1. Pośród rozmaitych związków, stosowanych do żelatynizacji na ciepło prochów o niskiej zawartości nitrogliceryny, najsilniejsze własności stabilizujące posiada symetryczny dwuetylodwufenylomocznik (centrolit). Własnościami tymi prawie dorównuje on dwufenyloaminie.

2. Dwupodstawione uretany wykazują na ogół dość słabe własności stabilizujące; wskazane jest przeto stosowanie ich nie samych, a łącznie z innymi substancjami o silnych własnościach stabilizujących (zwłaszcza z akardytem), w celu zapewnienia większego bezpieczeństwa fabrykacji oraz stałości gotowych wyrobów przy ich magazynowaniu.

3. Ftalid oraz dwuamylo i dwubutyloftaleny nie posiadają żadnych własności stabilizujących, niezbędne jest przeto stosowanie ich razem z innymi substancjami o silnych własnościach stabilizujących.

4. Mieszaniny, składające się z substancyj o własnościach zarówno żelatynizujących jak i stabilizujących oraz substancyj o własnościach wyłącznie stabi-

lizujących, nadają materiałom wybuchowym o wiele wyższą stałość niż poszczególne pojedyncze składniki tych mieszanin.

5. Najsilniejsze własności stabilizujące posiadają dwufenyloamina i akardyt. Dwufenyloamina zajmuje pierwsze miejsce, jeżeli bada się stabilizatory z nitrogliceryną, przy badaniach natomiast z nitrocelulozą pierwsze miejsce zajmuje akardyt.

6. Tylko przy nadzwyczajnie wysokich temperaturach, daleko wyższych od spotykanych w praktyce przy przechowywaniu prochów, wyżej wymienione stabilizatory oraz anilina mogą przy długotrwałym działaniu powodować zmydlanie cząsteczek mat. wybuchowego To samo, z jeszcze większą pewnością, można powiedzieć o centrolicie, który w porównaniu z wyżej wskazanymi stabilizatorami posiada słabiej wyrażone własności zasadowe.

7. Fenantren, zaproponowany w swoim czasie przez Spicę jako stabilizator i środek obniżający temperaturę palenia, rzeczywiście posiada silne własności stabilizujące. W szczególności przy badaniach z nitrogliceryną zajął on miejsce pomiędzy obydwoma centrolitami. Ponadto wyróżnia się on jeszcze tym, że nawet w bardzo wysokich temperaturach nie powoduje zmydlania mat. wybuchowych.

8. Wazelina o wysokiej liczbie bromowej również i w badaniach autora wykazała, że może ona nadawać mat. wybuchowym znacznie wyższą stałość niż wazelina bardziej nasycona.

9. Próba manometryczna Talani'ego wobec wysokiej temperatury badania, która wywołuje uboczne reakcje pomiędzy zasadniczymi składnikami prochu a substancjami, dodanymi w celach stabilizacji lub żelatynizacji, daje wyniki nie zupełnie pewne i bardzo często sprzeczne między sobą. Nie wskazane jest przeto stosowanie tej próby do porównawczego badania prochów, które aczkolwiek zawierają jednakowe ilości nitrogliceryny, posiadają jednak żelatynizatory i stabilizatory odmiennych rodzajów. *H. R.*

(*ARTILLERISTISCHE RUNDSCHAU* Nr 2/1937)

Tłumienie płomienia wylotowego

Prawie wszystkie sposoby tłumienia płomienia wylotowego, stosowane do niedawna, polegały na dodawaniu do prochów nitrocelulozowych lub ich ładunków soli alkalicznych, obniżających przy strzale temperaturę gazów prochowych. Dodatek tych soli powodował jednak pewne niepożądane skutki, w szczególności obniżenie własności balistycznych amunicji. Stwierdzono to podczas wojny światowej w niemieckich działach polowych, których amunicja w większych ładunkach prochowych zawierała, jako gasiciel płomienia wylotowego, dodatek chlorku potasu z kopalni w Dünebergu. W arm. pol. wz. 16 dodatek ten zwiększał rozrzut i podwyższał ciśnienie, w l. p. hb. zaś obniżał szybkość wylotową i donośność.

Powyższe wady amunicji z gasicielami płomienia wylotowego nie występują podobno prawie zupełnie przy użyciu prochu bezpłomiennego pomysłu amerykańskiej firmy Du Pont de Nemours Co z 1935 r., który zawiera, jako gasiciel, siarczan potasu w ilości 0,5 do 2,0%.

Poza tym nie dawno fabryki chemiczne "Westfälisch — Anhaltischen Spregstoff A. G." w Berlinie opatentowały nowy sposób tłumienia, a nawet zupełnego gaszenia płomienia wylotowego, polegający na tym, że u dna pocisku umieszcza się sole kwasów nitrochinolowych wysoko nitrowanych związków aromatycznych

same lub z dodatkiem innych substancyj. W amunicji karabinowej np. bierze się mieszankę 2 części soli potasowej kwasu dwunitrometoksyetoksynitrochinolowego i 1 części trójnitrotoluenu i 0,02 g. tej mieszanki umieszcza się w płasko wyżłobionym dnie pocisku.

Według „Waffe und Sport" zamiast wyżej podanej soli potasowej można stosować również produkty kondensacji trójnitrotoluenu, czteronitrometyloaniliny, sześcionitrodwufenolu, lub mononitrofenolu z metylanami lub etylanami potasowców. Związki te można same lub łącznie z innymi materiałami stosować również na podpały w pociskach smugowo-świetlnych lub dodawać do mieszanek smugowo-świetlnych.

H. R.

(*WEHRTECHNISCHE MONATSHEFTE*, 1937).

1. Ocena sprawności broni samoczynnej — dr A. Stäger.

Dla porównania systematycznego broni używa się różnej skali porównawczej. Czasem bierze się pod uwagę tzw. wykorzystanie broni, czyli stosunek energii wylotowej do ciężaru broni. Dla broni samoczynnej, gdzie ważną rolę gra szybkostrzelność, należy powyższy stosunek mnożyć przez ilość strzałów na minutę, będzie to więc wyrażenie w postaci:

$$\frac{E_0 z}{G}$$ — jako *współczynik sprawności*

z — jest to ilość strzałów teoretyczna, tj. bez zmiany magazynka, bo zwykłe zawarta w ułamku minuty.

Przytaczamy te najważniejsze dane techniczne dla kilku znanych typów broni samoczynnej:

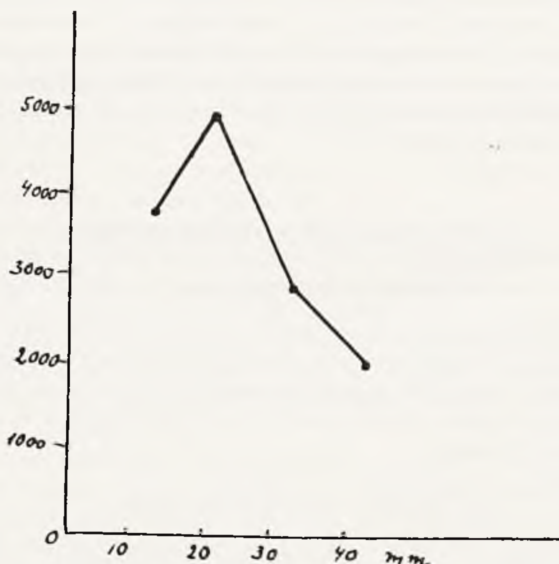
Firma	kaliber mm	V_0 m/s	z/min	g ciężar poc. kg	E_0 mkg	G kg	$\frac{E_0 z}{G}$	$\frac{g\ z}{G}$
Hotchkiss .	13	800	450	0,053	1695	200	3820	0,117
Oerlikon . .	20	850	300	0,130	4800	300	*4800*	*0,130*
Hotchkiss .	25	870	180	0,330	12720	800	2865	0,074
Bofors . . .	40	870	100	0,955	36885	2050	1795	0,047

Współczynnik sprawności można przedstawić wykreślnie w funkcji kalibru (rys.) i wtedy widzimy, że maximum jego wypada dla kalibru 20 mm z dość nagłym spadkiem na obie strony.

Powyższe 3 czynniki nie obejmują wszystkich właściwości broni, jak np. niezawodności działania. długotrwałości itp. Omawiana skala porównawcza dotyczy strzałów na mniejsze i średnie odległości, bo przy odległościach dużych pocisk cięższy (przy tej samej energii wylotowej) wolniej traci swą szybkość. Ciężar amunicji, jaki w ciągu minuty „wyrzucić może 1 kg broni" (ostatnia rubryka tabelki) również najkorzystniej przedstawia się dla kalibru 20 mm.

Sens powyższych rozważań matematycznych można ująć jak następuje: jeżeli ustawimy 10 działek samoczynnych 20 mm i przyłączymy do tego jedno działo

ważące tyle, co tych 10 działek, to się okaże, iż broń 20 mm w minucie wypuści więcej metalu na wagę niż owo ciężkie działo. Chociaż broń mniejszego kalibru potrzebuje większego dowozu amunicji, w terenie górzystym kaliber mniejszy ma pierwszeństwo jedynie ze względu na ruchliwość broni.



2. *Działa górskie.*

Kraje, które mogą prowadzić walkę w terenie górzystym, starają się uzyskać dobre rozwiązanie konstrukcyjne działa dla wojny w górach; lecz zagadnieniem tym również się interesują wszelkie państwa posiadające przemysł uzbrojeniowy.

W działach górskich decydującym dla typu konstrukcyjnego jest sposób transportu. Zwierzę juczne może dźwigać oprócz juku ważącego 25—40 kg, ciężar do 100 kg. A zatem lufa ważyć może najwyżej te 100 kg, o ile nie ma być rozkładana (jak w ang. hb. 94 mm). Aby łoże mogło być lżejszym, obciąża się lufę martwym ciężarem (płaszcz), ponieważ opór opornika jest odwrotnie proporcjonalny do ciężaru lufy. Następnie, ponieważ lżejszy opornik zmniejsza moment wywrotowy, łoże może być krótsze i słabsze, tak iż oszczędność na ciężarze łoża jest znaczniejsza niż ten martwy ciężar lufy.

Ten rodzaj konstrukcji pochodzi od Szkody (austr. arm. górska 75 mm wz. 15) i stosuje się również u Schneidra i w konstrukcjach amerykańskich. Wzór 1915 r. w ciągu 15 lat był nieprześcignionym i znalazł zastosowanie w uzbrojeniu wielu krajów, dopiero w ostatnich latach powstały nowe konstrukcje o lepszej mocy.

Jest to amerykańska haubica górska M. 1 o zwiększonej masie odrzutowej i nie posiadająca tarczy, a więc lżejsza oraz szwajcarska armata górska syst. Bofors o donośności 10,5 km.

Oto porównawcza tabela tych 3-ch dział górskich:

Typ działa	ciężar działa kg	ciężar poc. kg	V_0 m/s	donośność m	ilość juków
Arm. austr. 75 mm wz. 15	613	6,5	350	7.000	6
Hb. amer. 75 mm M. 1 .	575	6,8	380	8.400	6
Arm. szwajc. 75 mm Bofors	800	6,5	500	10.500	9

Oprócz posiadania dział specjalnych należy mieć możność, aby działa polowe stosować do transportu górskiego (rozkład na jednostki transportowe na wózkach). W Austrii wszelkie działa aż do kalibru 150 mm można było użyć w górach. Dążenie stworzenia działa uniwersalnego (polowego i górskiego) jest wątpliwej wartości. Przy dzisiejszym stanie techniki działa górskie nie dadzą się zastąpić innym typem, jak np. moździerzem lub armatką piechoty.

(*DEUTSCHE WEHR*, 1937)

1. *Rozmyślania o rozwoju techniki broni* — F. Kiesling.

Rozwój broni miotającej szedł w trzech kierunkach: powiększenia donośności celności i skuteczności działania pocisku. Technicznie uskuteczniło się to przez rzut ręką, procą, łukiem, aż do broni maszynowej, a w niej: od kuszy, poprzez katapultę—do broni palnej nowoczesnej w postaci karabinów, karabinów maszynowych i dział z pociskami burzącymi. Chociaż od kamienia rzuconego ręką ludzką do dalekonośnego działa jest skok olbrzymi, przewija się tu jedna wspólna idea: *rzut (strzał) wycelowany;* dotyczy to zarówno pocisków działowych, jak i bomb lotniczych. Istnieje jednak pewna broń, która nie jest właściwie bronią rzutową, a mianowicie: torpeda morska. Porusza się ona własnym napędem i utrzymuje wycelowany kierunek z pomocą urządzeń automatycznych.

Jeśli zwrócimy specjalną uwagę, przy rozwoju techniki broni, na *celność pojedynczego strzału* do celu rozpoznanego, to możemy stwierdzić, że pomimo ulepszenia dział, przyrządów celowniczych i techniki strzelania, pozostała ona stosunkowo nieznaczna. Przyczyny tego zjawiska są proste: wraz z powiększeniem donośności rośnie wpływ uchybień strzelca i broni, a ze zwiększeniem ruchliwości celów wzrastają trudności należytego „wysłania" pocisku. Gdyby nawet te czynnniki wyłączyć, pozostaje jeszcze jeden: wszak w czasie lotu pocisku cel może zmienić swe stanowisko lub kierunek i szybkość swego ruchu. Skutkiem nieznacznej celności było zastosowanie strzelania grupowego (w działach plotniczych, morskich, rurach torpedowych) i coraz to większe „marnotrawstwo" amunicji, które znajduje ograniczenie w możliwościach transportu dostawy i techniki produkcji.

Warto więc rozważyć, czy nie ma jakich nowych dróg, po których może się nadal posuwać rozwój techniki broni, a gdzie możnaby osiągnąć przede wszytkim polepszenie celności strzału pojedynczego. Dzisiejszy stan techniki i rodzaj większości celów pozwala dojrzeć pewną drogę w dążności, aby znaleźć przejście od *pocisku wycelowanego* do *pocisku poszukującego cel.* To znaczy, że tor pocisku nie ma być zależny od tego, jak został pocisk wypuszczony, lecz sam cel ma wpływać na postać toru: powinien on przyciągać pocisk do siebie dzięki wychodzącym z niego promieniom (optycznym, akustycznym, elektrycznym).

Przykład może wykazać, jakby to można urzeczywistnić. Wybierzemy pocisk, przy którym najłatwiej jest uczynić krok od pocisku wycelowanego do pocisku poszykującego celu, ponieważ są tu pewne odpowiednie warunki już zastosowane. Jest to *torpeda*. Wymagane warunki są następujące: 1) Ruch z pomocą siły własnej i szybszy od ruchu celu. 2) Możność sterowania. 3) Trudność zniszczenia go w czasie lotu przez działania nieprzyjacielskie.

W dzisiejszym wykonaniu torpedę wypuszcza się w kierunku celu, biegnie ona naprzód dzięki własnej sile motorowej i z pomocą urządzeń samoczynnych utrzymuje się na określonej głębokości i w stałym kierunku. Chociaż jest ona dobrze wycelowana, trafienie zależy od tego, czy cel nie zmienił tymczasem swego kierunku lub swej szybkości. Po spostrzeżeniu torpedy może nawet duży okręt usunąć się z kierunku strzału. Podobno Japończycy zamierzali stosować torpedy z załogą ludzką, przeznaczoną na śmierć, która kierowałaby pociskiem do celu. Ten zamiar można jednak osiągnąć bez poświęcenia potrzebnych ludzi.

Człowiek który *widzi* cel i to otrzymane wrażenie przekazuje na sterowanie torpedą, może być zastąpiony przez automatyczne odpowiednio wrażliwe urządzenie, czyli stworzy się pocisk poszukujący celu. Rozwiązanie zagadnienia, aby taka torpeda była wysłana do wyznaczonego celu, a nie zwróciła się ku własnemu, okrętowi, jest rzeczą wykonania konstrukcyjnego. Pośrednim typem byłby taki pocisk, który zostałby wypuszczony normalnie, a którego urządzenie automatyczne poszukujące celu zaczyna działać dopiero w pobliżu celu.

Wobec zwiększenia celności, zużycie amunicji by się zmniejszyło, a pociski (torpedy) mogłyby być większe i skuteczniejsze. Dalszym krokiem byłby poszukiwacz celu nie tylko w kierunku poziomym, lecz i pionowym, czyli pocisk przeciw łodziom podwodnym. Rozwój zatem pocisku do walki na wodzie nie jest rzeczą bardzo trudną. A jak się przedstawia sprawa w walce powietrznej? Tu uwaga koncentruje się na *„torpedzie powietrznej"* lub pocisku rakietowym. W tym ostatnim zagadnienie sterowania jeszcze jest dość dalekie od rozwiązania, natomiast samoczynnie lecący płatowiec, sterowany z odległości, jest już urzeczywistniony. Chodzi więc obecnie w tych wszystkich pociskach o wynalezienie aparatu odbiorczego czułego na jakieś promieniowania celu. Dla torped powietrznych trudności są większe ze względu na wyższe szybkości celów i na ich ruch w trzech wymiarach. Za to pewnym uproszczeniem jest możność usunięcia ładunku wybuchowego, bo samo uderzenie w cel wystarczy, aby go strącić lub unieszkodliwić. Torpeda powietrzna może posiadać rozmiary najmniejszego samolotu myśliwskiego. Wymaganie aby omawiany pocisk nie mógł być sam uszkodzony w czasie swego lotu, jest trudne do zrealizowania i wykonane może być tylko warunkowo, bo ewent. może być przez napadnięty samolot zestrzelony. Jego bezpieczeństwo jest zapewnione, gdy leci w obłokach, we mgle naturalnej lub sztucznej albo w ciemnościach.

Powyższe rozważania miały tylko wskazać kierunek pewnych nowych dróg w uzbrojeniu przez ewentualne wykorzystanie energii promieniowania; zagłębiać się w szczegóły byłoby na razie rzeczą przedwczesną.

2. *W jakim miejscu lufy czy toru pocisk uzyskuje największą szybkość?* — ppłk Justrow.

Odpowiedź na to pytanie nie jest taka łatwa i większość podręczników balistyki przemilcza tę kwestię. Jest rzeczą oczywistą, że w każdej broni palnej naj-

większej szybkości nie posiada pocisk u wylotu. Gdyby tak było, to podlegałby on większym wpływom nieregularnym, większym wahaniom szybkości wylotowej, co miałoby w skutku większy rozrzut u celu. W rzeczywistości zaś ciśnienie gazów prochowych u wylotu jest jeszcze tak wielkie, że mijają one pocisk z dużą szybkością i na pewnym odcinku drogi nawet go wyprzedzają, co zostało stwierdzone z pomocą zdjęć fotograficznych przez Cranza, Schardina, Schmidta i innych. Szybkość wylotowa gazów przewyższa dwukrotnie szybkość pocisku, wpływa na jego stateczność i udziela mu jeszcze przyspieszenia. Dopiero w odległości jakich 350 mm przed wylotem karabinu, pod wpływem tarcia o otaczające powietrze, szybkość gazów wyrównywa się z szybkością pocisku. Np. przyrost szybkości pocisku S wynosił prawie 10 m/s, wg doświadczeń dra Grötscha. [1])

Pociski działowe również otrzymują przyspieszenie szybkości poza lufą, ponieważ wykorzystanie pracy gazów w lufie nie może być całkowite z różnych względów; lufa działa „paryskiego" miała w tym celu dosztukowaną lufę gładką. Wg doświadczeń Campe de Férieta z armatą 300 mm, gdzie $V_0 = 720$ m/sek. gazy wylotowe rozchodziły się po wylocie na boki z szybkością 2000 m/s i biegły na przód z szybkością 1400 m/s, przyjmując postać odwróconej główki grzyba, co obserwował również często autor podczas strzelania z armat morskich. Po upływie 0,002 sek. rozprzestrzeniał się ten grzyb na 2,4 m do przodu i na 25 m na boki w chwili, gdy dno pocisku odległe było od wylotu zaledwie o 1,4 m; poczem szybkość masy gazów prędko spadała i pocisk wyprzedzał już ów grzybek po upływie 0,007 sek. w odległości 5 m od wylotu.

Przyrost szybkości pocisku, zwłaszcza w działach o niedużej mocy, jest bardzo nieznaczny; a w haubicach i moździerzach nie da się nawet wcale stwierdzić. Należy tu baczyć na skład, porcję i kształt prochu, aby pocisk nie otrzymał opóźnienia ruchu i ewent. nie utkwił w lufie. Metody określania oporu pocisku w lufie (wciskanie się pierścienia wiodącego) w ostatnich czasach wzbudzają szczególne zainteresowanie, jak tego dowodzą prace Schardina i Kutterera.

Trudno jest dać ogólne prawa co do przyrostu szybkości lub co do położenia punktu najwyższej szybkości. Dla każdego wypadku trzebaby, o ile jest to możliwe, indywidualnie określać te dane, bo zależą one od szybkości spalania się prochu, jak również nie są bez wpływu takie czynniki, jak długość i postać wewnętrzna lufy, ciężar pocisku, pierścień wiodący i kształt tylnej części pocisku.

Największa szybkość osiągnięta dotychczas w działach wynosi około 1600 m/s (działo paryskie). Teoretycznie, przy lufie nieskończenie długiej, przy pocisku bez masy i ruchu bez tarcia i oporów możnaby osiągnąć wg Lorenza najwyższą szybkość 6200 m/s.

Istnieją rozliczne projekty i próby, aby podwyższyć z pomocą prostych środków dotychczasowe szybkości pocisków; dość wspomnieć o lufach stożkowych Gerlicha, dających szybkość początkową pociskom karabinowym do 2000 m/s lub o działach elektrycznych (nieudatne próby amerykańskie i duńskie), w których osiągniętoby najwyższą szybkość w obrębie lufy.

---

[1]) Ztschr. f. d. gesamte Schiess—und Sprengstoffwesen. XII. 1937 „O wpływie gazów wylotowych na stateczność pocisków podłużnych".

3. *Nowy sprzęt uzbrojenia Italii wz. 35.*

W okresie od 1934 do 1936 r. piechota włoska otrzymała kilka typów nowego sprzętu, ponadto częściowo zmieniono wyposażenie w broń lekką i ciężką. Dla porównania przytoczymy sprzęt będący na uzbrojeniu przed 1934 r.:

Broń ręczna: karabin lub kbk. wz. 91, kbk. z garłaczem (po 5 na pluton), granaty zaczepne „S", „MCS".

Broń automatyczna lekka: l. k. m. Breda wz. 30 (3 na pluton, czyli 18 na batalion).

Broń automatyczna ciężka: c. k. m. Fiat wz. 14 (12 na batalion).

Broń o ogniu płaskim: 1 pluton armat 65 mm wz. 17 po 3 działa na pułk, podległy dowódcy kompanii.

Broni o ogniu stromym, przeciwczołgowej i przeciwlotniczej nie było.

Obecne uzbrojenie przedstawia się jak następuje:

Broń palna ręczna: karabin wz. 91 pozostał, granaty ręczne zastąpiono nowymi: „Breda", „CTS", „SRTM", które mają zalety silniejszego działania moralnego, mechanicznego i ogniowego oraz są bezpieczniejsze w użyciu. Kbk. z garłaczem skasowano wobec jego małej celności.

Broń maszynowa lekka: bez zmian konstrukcyjnych; pozostał l. k. m. wz. 30; ilość ich wzrosła do 9 na kompanię, czyli 27 na batalion.

Broń maszynowa ciężka: bez zmian ilościowych i organizacyjnych, lecz c. k. m. 6,5 mm wz. 14 zastąpiono wzorem 35 Fiat kalibru 8 mm o zaletach specjalnych, omówionych poniżej.

Broń towarzysząca stromotorowa: wprowadzono granatnik Brixia wz. 35 (na baon 9 sztuk w jednym plutonie trzy sekcyjnym), ponadto moździerz 81 mm (dla każdego baonu strzelców alpelskich 1 pluton trzysekcyjny z 6 moździerzami, a na każdą dywizję piechoty jedna kompania trzyplutonowa).

Broń płaskotorowa: skasowano plutony armat 65 mm, skupiając tę broń w bateriach towarzyszących po 4 działa, podległych bezpośrednio d-cy pułku. Wprowadzono armatki 47 mm wz. 35 przeciwczołgowe i towarzyszące (model szwajcarski). Wprowadzono armatkę 20 mm wz. 35 do obrony plotniczej i pczołgowej.

Cechy nowej broni: l. k. m. Fiat wz. 35, — zmieniono kaliber, chłodzenie i doprowadzenie naboi, co w skutku miało uzyskanie torów o połowę niższych, dało większą siłę przebijającą, zwiększyło celność i donośność (5200 m); zwiększenie kalibru umożliwiło zastosowanie pocisków specjalnych. Amunicję do tego k. m. stanowią: 1) Zwykły pocisk wrzecionowy, wnikający w płytę stalową z odległości 1700 m na 2 mm lub w deskę dębową z odległości 4.000 m na 120 mm. 2) Pocisk ze zwiększoną zdolnością przebijania. 3) Pocisk kontrolny, który w miejscu uderzenia wytwarza biały dym lub płomień, tor jego jest zgodny z torem pocisku zwykłego. 4) Pocisk smugowy do ostrzeliwania samolotów, widoczny na całej swej drodze, którego tor do 1400 m jest zgodny ze zwykłym pociskiem.

Omawiany k. m. ma chłodzenie powietrzne (poprzedni typ miał wodne), co, jak wiadomo, jest korzystniejsze. Doprowadzenie naboi na taśmie stalowej, normalnie na 50 do 100 naboi dowolnie jednak skrócanej lub przedłużanej. Taśma taka wytrzymuje 30.000 strzałów; szybkostrzelność maksymalna broni — 600 strzałów na minutę. Podstawa (trójnóg) wz. 14 została zachowana, chociaż tymczasem stworzono znacznie lepsze wzory. K. m. wz. 35 może też zwalczać samoloty nieopancerzone do wysokości 1000 m. Dla wyższych pułapów stosuje się najcięższy

k. m. 20 mm, który może zwalczać opancerzone samoloty do wysokości 2.500 m. Posiada on pionowe pole ostrzału od -10^0 do $+30^0$, poziomo 360^0. Konstrukcja tego sprzętu w porównaniu ze zwykłym k. m. naziemnym jest więcej złożona (zamek, przyrządy celownicze). Ładuje się bloki po 12 naboi; $V_0 = 850$ m/s, szybkostrzelność 220 na minutę, donośność maksymalna 5.500 m. Przeciw czołgom strzela się pociskiem przebijająco-kruszącym, przeciw samolotom pancerno-smugowym z samolikwidacją. Łoże jako trójnóg lub wózek. Transport na mułach.

W. V.

RUMUNIA

(*REVISTA ARTILERIEI* — 1936).

Środki stosowane w Rumunii celem przywrócenia właściwej wartości starym prochom — Por. Mircea.

Obecność wyziewów saletry i zapalenie się prochu, poddanego tzw. „próbie niemieckiej", stanowi podstawę dla klasyfikacji badanego materiału.

Badanie prochów metodą niemiecką polega, jak wiadomo, na sztucznym postarzeniu ich, przy czym prochy poddaje się wysokiej temperaturze przez krótki czas.

Za „złe" uznaje się wówczas te wszystkie prochy, które przy temperaturze 135^0 wykazują odporność przez czas nie dochodzący do 15 minut.

Jako „podejrzane" klasyfikuje się te prochy, które wytrzymują temperaturę 135^0 w czasie od 15 — 60 minut.

Kategorię „poniżej średniego" otrzymuje taki proch, który wytrzymuje powyższą próbę przez 60 — 90 minut.

Do „średnich" zalicza się te prochy, które znoszą temperaturę 135^0 w czasie 90 — 120 minut.

Do „dobrych" należą te prochy, które opierają się w czasie próby ponad 120 minut.

Do kategorii złych należą prochy produkcji wojennej (stare, mające już ponad 15 lat „życia") i prochy wytworzone wprawdzie już po wojnie (nie mające jeszcze 15 lat „życia"), ale przechowywane w złych warunkach.

Duża stosunkowo ilość prochów sklasyfikowanych jako złe, podejrzane i średnie, skłoniła władze wojskowe rumuńskie do poszukiwań przyczyn psucia się prochów oraz sposobów przywrócenia im właściwej wartości.

Powodami zastarzenia się prochów produkcji wojennej i tuż powojennej mogą być:

— utrata saletry, która wydziela się z prochów w postaci dwutlenku azotu (proces na ogół bardzo powolny),

— zmiany w procentach wilgotności, która nie powinna przekraczać 2%, ale też nie może być niższa od 1%,

— całkowita utrata rozpuszczalnika (alkohol, eter), którego procent w prochach nowych (dobrych) wynosi od 1 — 2,

— za mały odsetek dwufenilaminy (prochy wojenne, produkowane z myślą rychłego ich zużycie, mają, z powodu ogólnego braku dwufenilaminy podczas wojny, tylko od 0,25 — 0,75% tego składnika).

Rumuni używają trzech sposobów dla odnowienia prochów i przywrócenia im właściwej wartości.

Pierwszy (zwany „remalaxarea") polega na przywróceniu prochom ich początkowej wilgotności, zawartości rozpuszczalnika (alkoholu, eteru) i dwufenilaminy, przy czym przeróbce podlega także i kształt prochów.

W tym celu rozpuszczają oni prochy kategoryj od „poniżej średnich" w alkoholu — eterze, oczyszczają je, dodają potrzebną ilość dwufenilaminy, następnie zaś poddają tak otrzymaną masę wszystkim operacjom produkcji prochów (oczyszczanie, krajanie, suszenie, sortowanie, mycie, suszenie itp.).

Mniej kosztowną, bo bardziej prostą, jest metoda naprawy prochu zwana „radubarea", podlegająca na podniesieniu zawartości dwufenilaminy (zanurzanie prochów do rozczynu alkoholu i dwufenilaminy), przy czym czas trwania tej kąpieli, jej ciepłota i procent dwufenilaminy zależą od tego, jaka ilość dwufenilaminy ma być prochom dodana.

Trzeci wreszcie sposób — to metoda sortowania („trierea"), polegająca na wyłączeniu z prochów tych wszystkich elementów, które ani kształtem ani składem chemicznym nie są podobne do elementów początkowych (wzorcowych).

Sortowaniu, z uwagi na wysokie koszty, nie podlegają prochy do amunicji małokalibrowej i towarzyszącej oraz prochy w zespolonych nabojach artyleryjskich.

Z tak posortowanymi prochami postępuje się następnie zgodnie z poprzednimi sposobami lub też, jeśliby się to nie opłacało, niszczy się je.

W celu jak najdłuższego utrzymania w starych prochach ich właściwej wartości (niedopuszczanie do dalszego rozkładu) przewidują Rumuni trzymanie tych prochów pod wodą. W tym celu zanurza się skrzynki z prochem do wody bieżącej, która powinna je przykrywać na 50 cm. Boki skrzynek muszą mieć otworki, którymi wchodzi do środka woda; otworki małe, aby przez nie nie mógł się wydostać proch. Woda, przepływając między ziarnkami prochu, ochładza jego ciepłotę, zmywa wytwarzający się kwas azotowy, pozwala na utrzymanie mniej więcej równomiernej temperatury, pochłania nadmiar ciepłoty, wytwarzanej przez proch wskutek jego powolnego rozkładu i nie dopuszcza przez to do samozapalenia się prochu, wreszcie powoduje zwolnienie tempa utleniania się saletry (denitracji).

Takie składy można urządzać w pobliżu rzek, potoków, stawów itp.

Przed użyciem proch, przechowywany w takim „składzie wodnym", musi być wymyty i osuszony. Toteż przy tych składach powinny być odpowiednie urządzenia do mycia i osuszania prochów.

System ten daje całkowitą gwarancję bezpieczeństwa magazynowania prochów starych. *W. D.*

Z. S. R. R.

(*MASZINOSTROJENJE*, 1938 r.)

Budownictwo maszynowe w przygowaniu do wojny — S. Wiszniow.

Rozwój wytwórczości wojennej w ostatnich latach kroczył w tempie progresywnym; nie tylko zwiększyło się obciążenie istniejących wytwórni wojennych i udział przemysłu cywilnego, lecz rosło budownictwo kapitalne i wyłoniła się rekonstrukcja techniczna przemysłu wojennego.

Udział procentowy przemysłu ciężkiego w potrzebach wojska wynosi w niektórych krajach 25—30%, w innych nawet 50—70%. Wobec tego asortyment produkcji

budownictwa maszynowego i jego rozwój techniczny zależą w dużej mierze od potrzeb przemysłu wojennego.

Najgłówniejsze żądania, stawiane przez przemysł wojenny budownictwu maszynowemu, wyrażają się w: *zwiększeniu mocy, sprawności i dokładności.* Co raz to potężniejsze jednostki floty (do 43.000 ton) i sprzętu artyleryjskie%o (520 mm), obróbka ciężkich pancerzy, wałów okrętowych, itp. wymagają zespołów metalurgicznych i obrabiarek o bardzo dużej mocy. Jako przykład można podać, że w Anglii w 1937 r. wykonano wlewek „dla celów obronnych" ważący 230 ton; wlewanie odbywało się do jednej wlewnicy z 4-ch pieców martinowskich jednocześnie. Dla odkuwania bloków na lufy potrzebne są prasy o sile 15.000 ton; odpowiednio wielkie muszą być heblarki, frezarki, wiertarki, tokarki itp. przy obróbce olbrzymich przedmiotów dla celów uzbrojenia, przy tym pracujące z wielką dokładnością (do setnych części mm). Praca obrabiarek jest w wysokim stopniu zmechanizowana i dostosowana do produkcji masowej. Powstają szeregi maszyn o specjalnym przeznaczeniu, czyli wyspecjalizowane w pewnych tylko operacjach, z drugiej zaś strony, dla celów szybkich napraw wytwarza się mniej precyzyjne komplety obrabiarek i instalacyj polowych, lecz za to możliwie uniwersalne. Aparaty dla chemicznego przemysłu wojennego wymagają wyjątkowej odporności tworzywa na wpływy chemiczne i tutaj zaczynają zastępować metale szkłem (z niego wyrabiają nawet śruby i nakrętki) i masami plastycznymi. *W.*

CZECHOSŁOWACJA

(VOJENSKE TECHNICKE ZPRAVY — 1937 r.)

5. *Możliwości hamowania odrzutu za pomocą hamulca wylotowego w broniach o dużej mocy* — płk J. Gebauer.

I Osiągnięcia zagraniczne.

Jako broń o dużej mocy należy rozumieć broń o jakimkolwiek kalibrze, która pociskowi swemu nadaje bardzo dużą szybkość początkową.

Od czasu do czasu wspomina się jeszcze o owym efekcie technicznym, dzięki któremu Niemcy podczas wojny światowej zaskoczyli cały świat, strzelając do Paryża z odległości 120 km z szybkością początkową ok. 1600 m/sek.

W ostatnich latach znowu czytamy, że w różnych państwach znajdują się w próbach różne rodzaje broni o wielkiej mocy. W tym wypadku chodzi jednak zwykle o broń kalibrów mniejszych, np. karabin Gerlicha. Prasa techniczno-uzbrojeniowa nadaje broniom tym dźwięczną nazwę: „ultra-broń", a ich dużą szybkość początkową nazywa „ultra-szybkością".

W lipcu 1936 ogłosił M. G. Bory w „Mémoires de la Société des ingénieurs civils de France" artykuł „Sur la possibilité d'amortir entiérement le recul des bouches à feu". Treść artykułu jest tak dalece interesująca i prawie rewelacyjna, że z początku wzbudza nawet pewną nieufność, a to dla tego, że rozwija ona możliwości nowej koncepcji broni, która w rzeczywistości oznaczałaby nową erę w jej rozwoju. Autor zdradza tylko zasadę tej nowej koncepcji: wykorzystanie energii gazów dla hamowania odrzutu. Nie mówi on nic o sposobie tego wykorzystania, pozostawiając czytelnika w domysłach, że chodzi w tym wypadku o doskonały hamulec wylotowy.

Wiadomo, że w Niemczech i Anglii oraz w innych państwach czynione są doświadczenia z dużymi szybkościami początkowymi, przy czym stosuje się również nowe sposoby hamowania dużych energii odrzutowych.

Bory w artykule swoim dowodzi—tak wobec społeczeństwa francuskiego, jak i wobec zagranicy, że również Francuzi na polu tym niczego nie zaniedbali. Dlaczego nie opisuje wyglądu i sposobu działania swego hamulca — jest rzeczą zrozumiałą.

W tym czasie w Niemczech inż. Narath pisze: [1])

„Hamulce wylotowe mają zwiększyć moc działa, nie zwiększając przy tym jego ciężaru. Działanie hamulca wylotowego polega na tym, że w bezpośredniej bliskości wylotu lufy, gdzie znajduje się jeszcze ciśnienie ok. 300 — 400 kg/cm², gazy idące za pociskiem odprowadzane są z lufy skośnymi otworami a raczej krzywymi powierzchniami na wzór łopatek turbinowych. Dzięki temu powstaje siła działająca przeciwko uderzeniu wstecznemu. Część energii, która na skutek tego ubywa z energii kinetycznej pocisku, jest minimalna. Skuteczne działanie hamulca wylotowego zależy od kąta wejścia i wyjścia gazów w otwory hamulca. W celu złagodzenia szkodliwego działania gazów uderzających na obsługę działa, kąt wylotu gazów ustalony został na 90^0, skutkiem czego skuteczność hamulca zmiejszyła się.

W jednej nowej konstrukcji skuteczność zwiększa się dzięki nasadzeniu na wylot lufy głowicy o ciężarze 65 kg, w której kierunek gazów zwrócony jest z początku w stronę przeciwną, następnie gazy te wypuszczane są promieniście, nie szkodząc obsłudze. Zdaje się, że nie ma doświadczeń ujemnych nad wpływem tego hamulca wylotowego na wibrację lufy. Natomiast widoczna jest oszczędność na ciężarze ogólnym, połączona z powiększeniem mocy. Przykładem tego jest haubica 105 mm o ciężarze 1500 kg, przy której osiągnięto donośność taką samą, jak przy armacie długiej o tym samym kalibrze i ciężarze 2200 kg, co w porównaniu daje na korzyść haubicy zwiększenie stosunku donośności do ciężaru działa o 46%. Hamulce wylotowe są w zastosowaniu w szeregu kalibrach od 20—155 mm w firmach Soleure, Bofors, Schneider i Kongsberg".

Na wstępie Bory powołuje się na niedawne oświadczenie inż. gen. Malavala: przy dzisiejszym prochu można urzeczywistnić szybkość początkową pocisku ok. 2000 m/sek. Dawniej moc luf dział okrętowych nie ulegała zmianom przez całe stulecia, a w ciągu ostatnich 50 lat zwiększyła się 6-ciokrotnie. Główne postępy osiągnięto:

w latach 1850 — 1860 — konstrukcją luf gwintowanych,
„ „ 1860 — 1870 — ładowaniem odtylcowym,
„ „ 1890 — 1900 — oporopowrotnikami.

W r. 1916 Galiot i Bory skonstruowali hamulec gazowy. Ma on następujące zadania:

1) nie dopuszczać do wypływu gazów z wylotu lufy za pociskiem w kierunku jego lotu,

2) zmienić drogę gazów, skierowując je — w miarę możności — dokładnie do tyłu,

3) zapobiec niebezpiecznemu ich oddziaływaniu na obsługę i sprzęt.

---

[1]) „Wehrtechnische Monatshefte" IX 1936 r.

Bory twierdzi, że zadania te są dziś całkowicie rozwiązane, co zostało potwierdzone próbami, dokonanymi przed najwyższymi autorytetami i to z licznym sprzętem o małych, średnich i dużych kalibrach i o szybkościach pocz. od 500 do 1600 m/sek.

Twierdzi on następnie, że obecnie można stworzyć artylerię, w której energia odrzutu praktycznie zostanie zrównoważona. Teoretycznie możnaby nawet odwrócić kierunek odrzutu (do przodu).

Korzyści wynikające z hamulca gazowego można wykorzystać w broni ręcznej oraz w działach o kalibrach największych, w konstrukcji broni nowej i w udoskonaleniu broni dotychczasowej.

Najpierw zastosowany był hamulec w armacie 37 mm p-lot. ($v_0 = 830$ m/sek.), następnie w armacie p-lot. 75 mm.

W samolotach ogień z k. m. bez hamulców wylotowych ma duży rozrzut naskutek drgań spowodowanych uderzeniami wstecznymi. Galliot strzelał przy pomocy hamulca wylotowego z k. m. Hotchkissa 13,2 mm, umieszczonego na podstawie drewnianej zamiast na łożu. Karabiny automatyczne z hamulcami wylotowymi mogą strzelać, będąc oparte o ramię strzelca.

Bory dzieli moc dotychczasowej artylerii na średnią ($700 < v_0 < 1000$ m/sek.) i małą ($500 < v_0 < 700$ m/sek.) i z góry oświadcza, że *wynalazek jego nie może być użyty dla* $v_0 < 500$ m/sek. Do artylerii dotychczasowej przyłącza on nową artylerię o dużej mocy ($v_0 > 1000$ m/sek.), *zagadnienie* które może być rozważane *jako zupełnie nowe.*

Energia odrzutu wzrasta z kwadratem szybkości. Dotychczas ograniczało ją zwiększanie się ciężaru lufy (masy odrzutowej) i hamowana była przez oporopowrotnik w kołysce.

To urządzenie jednak nie nadaje się dla dział morskich osadzonych w wieżach, gdzie jest brak miejsca na odrzut. Przy budowie okrętów bojowych należało dbać o stabilizację okrętu w wypadku bocznej salwy wszystkich jego dział. Obecnie rzecz ta odpadnie, a odrzut będzie można całkowicie stłumić, przy czym lufy armatnie mogą być skonstruowane tak lekkie, jak tylko wymaga ciśnienie gazów. Oporowrotnik działać będzie tylko przez krótki przeciąg czasu, dlatego też będzie lekki i krótki. Ogólna zasada układu działa przedstawia się obecnie zupełnie inaczej aniżeli dotychczas, ponieważ nie należy już brać pod uwagę wstrząsu od strzału, lecz tylko ciężar.

W marynarce użycie nowych dział przejawi się bądź w zmniejszeniu ich cieżaru (przy tej samej v_0), bądź w zwiększeniu v_0 (przy tym samym ciężarze). Zmniejszenie ciężaru działa może przyczynić się do zwiększenia grubości pancerza okrętowego. (Powiększanie kalibru dział okrętowych jest międzynarodowo wzbronione).

W piechocie będzie można strzelać z karabinu o bardzo dużej mocy opartego na ramieniu. Można konstruować lżejsze podstawy do k. m. (dural). Możliwa jest konstrukcja lekkiej broni przeciwpancernej i pancernej, Nowa koncepcja posiada znaczenie szczególne dla broni panc., gdzie jest mało miejsca na odrzut.

W artylerii można konstruować nowe motoryzowane działa o dużej mocy, a szczególnie przeciwlotnicze.

Samoloty można wyposażyć w nową broń o dużej mocy. (Bory przytacza możliwość działa kalibru 90—100 mm i 3 ludzi obsługi).

Podane wyżej wyniki, na które zwracają uwagę G. Bory i inż Narath, mia-

łyły bardzo duże znaczenie, gdyby w rzeczywistości były osiągalne. Wątpliwości, z jakimi się o nich czyta, skłaniają autora do naświetlenia własnego omawianego zagadnienia.

II Możliwość wykorzystania energii gazów dla hamowania odrzutu broni.

Na filmowych zdjęciach Cranza, przedstawiających strzał, widzimy, że gazy wychodzące z lufy, nie posiadającej hamulca wylotowego, poprzedzają pocisk bezpośrednio przed wylotem, z czego wynika, że szybkość gazów u wylotu lufy jest kilkakrotnie większa od szybkości pocisku.

W chwili opuszczania lufy przez pocisk zespół odrzutowy posiada szybkość

$$V = \frac{v_0}{P}\left(p + \frac{\omega}{2}\right) \tag{1}$$

przy czym v_0 = szybkość pocisku u wylotu,
p = ciężar pocisku,
P = ciężar zespołu odrzutowego,
ω = ciężar ładunku prochowego.

Na skutek wstecznego działania gazów, wychodzących z lufy za pociskiem, szybkość zespołu odrzutowego zwiększa się do swej wartości maksymalnej

$$V_m = \frac{v_0}{P}(p + k\omega), \tag{2}$$

przy czym współczynnik k ustalany jest zgodnie przez różnych autorów (Rausenberger, Hänert, Challéat) w granicach $1{,}6 \leq k \leq 3$; przeciętnie (dla działa o mocy średniej) powinno być $k = 2{,}5$. Według prof. Rausenbergera wielkość współczynnika k rośnie równocześnie z wielkością ciśnienia wylotowego.

Na zdjęciach Cranza i innych widzimy, że gazy wychodzą z lufy za pociskiem i około niego w strumieniu o kształcie kielicha, który na swej przedniej stronie rozbija się w pierścień lub nieregularnie rosnącą bryłę, hamowaną oporem powietrza bezpośrednio ją otaczającego. Na powietrze to przenosi się część energii gazów.

Gdyby ten opór powietrza nie istniał, to w chwili maksymalnej szybkości odrzutu V_m wynikałoby z ilości ruchu w kierunku osi lufy równanie:

$$P \cdot V_m = pv_0 + \int v'\, d\omega = pv_0 + \omega \cdot v'_s, \tag{3}$$

gdzie v' oznacza składową szybkości części gazów w kierunku osi lufy a

$$v'_s = \frac{1}{\omega}\int v' d\omega$$

oznacza średnią szybkość gazów w kierunku lufy.

Z równania (3) wynika

$$V_m = \frac{v_0}{P}\left(p + \frac{v'_s}{v_0}\,\omega\right) \tag{4}$$

Z porównania obu równań (2) i (4) widać, że mogą być one zidentyfikowane, jeśli przyjąć:

$$k = \frac{v'_s}{v_0} \tag{5}$$

Według powyższego współczynnik k oznaczałby, ile razy większa jest średnia szybkość gazów w kierunku lufy v'_s od szybkości początkowej pocisku v_0. Ponieważ stosunek $\frac{v'_s}{v_0}$ przy tej samej szybkości gazów v'_s jest tym mniejszy, im mniejsza jest szybkość pocisku v_0, jest rzeczą możliwą, iż współczynnik k osiągnie u niektórych dział (np. u moździerzy) wartość jeszcze większą, aniżeli była wyżej oznaczona, czyli $k > 3$.

Zespół odrzutowy osiągnie szybkość maksymalną w chwili, w której ustało ciśnienie gazów na ten zespół. W momencie tym ostatni człon $\omega v'_s$ w równaniu (3) zastępuje nam człon $\int \omega v'_s$, jak gdyby gazy w danej chwili tworzyły coś w rodzaju drugiego (gazowego) pocisku, lecącego z szybkością średnią v'_s.

Aczkolwiek to schematyczne wyobrażenie „pocisku gazowego", którego wszystkie części posiadają jednakową szybkość v'_s, jest tylko namiastką rzeczywistości, to jednak może być ona wykorzystana dla obliczenia kinetycznej energii gazów.

$$E' = \frac{\omega}{2g} v'^2_s = \frac{\omega}{2g} k^2 v_0^2 = \frac{k^2 \omega}{p} E, \tag{6}$$

gdzie zostało użyte równanie (5) i oznaczenie

$$E = \frac{p v_0^2}{2g} \tag{7}$$

dla początkowej energii pocisku.

Jeżeli np. $k = 3$, $p = 3\omega$ (broń o bardzo dużej mocy), to według równania (6) $E' = 3E$, tj. energia kinetyczna gazów byłaby trzy razy większa od energii kinetycznej pocisku.

Jest rzeczą oczywistą, że kinetyczna energia gazów jest duża, a co najmniej taka sama, jak kinetyczna energia pocisku.

Natomiast maksymalna energia E_z zespołu odrzutowego wynika ze wzoru

$$E_z = \frac{P}{2\ g} V_m^2 = \frac{v_0^2}{2gP} (p + k\omega)^2, \tag{8}$$

uwzględniając równanie (2).

Stosując równanie (7) można równanie (8) przekształcić jak następuje

$$E_z = E \frac{p}{P} \left(1 + k \frac{\omega}{p}\right)^2, \tag{8'}$$

Równanie (8) mówi: energia odrzutu E_z jest tym mniejsza, im większy jes stosunek ciężaru zespołu odrzutowego P do ciężaru pocisku p i im mniejsza jest

energia kinetyczna pocisku E; wzrasta ona ze wzrastającym stosunkiem $k \frac{\omega}{p} = \frac{v'_s \, \omega}{v_0 \, p}$ pędu gazów do pędu pocisku.

Przez podzielenie równania (6) przez (8) otrzymamy

$$\frac{E'}{E_z} = \frac{P \, k^2 \, \omega}{(p + k \, \omega)^2} = \frac{P}{\omega} \cdot \frac{1}{\left(\frac{p}{k \, \omega} + 1\right)^2} .$$

Jeżeli $k = 2$; $1 < \frac{p}{\omega} < 10$, otrzymamy granice

$$\frac{P}{2{,}25 \, \omega} > \frac{E'}{E_z} > \frac{P}{36 \, \omega} .$$

To znaczy: energia odrzutu E_z jest o wiele mniejsza od kinetycznej energii gazów, a mianowicie tym mniejsza, im większy jest stosunek $\frac{P}{\omega}$ zespołu odrzutowego P do ciężaru ładunku prochowego ω.

Np. dla pewnej armaty $P = 85$ kg; $p = 0{,}85$ kg; $E < 19740$ mkg: $\omega = \frac{p}{3}$.

Jeżeli przyjmiemy $k = 3$, to według równania (8′) otrzymamy $E_z = 0{,}01 \, . \, E \, . \left(1 + 3 \, . \, \frac{1}{3}\right)^2 = 0{,}04 \, . \, E = 790$ mkg.

W wypadku wykonywania odrzutu przez całą broń, ciężar P byłby 3 razy większy, a energia odrzutu 3 razy mniejsza (263 mkg).

Aczkolwiek średnia szybkość osiowa gazów v_s' w równaniu $k = \frac{v_s'}{v_0}$ jest tylko pojęciem fikcyjnym, to jednak, ze względu na związek współczynnika k z szybkością gazu, możemy z tego czerpać dalsze przypuszczenia.

Szybkość gazów wychodzących z wylotu broni ograniczona jest warunkami charakteryzującymi dany strzał. Ograniczenia te pochodzą od granicznej szybkości pocisku, jaka może być osiągnięta w warunkach dzisiejszych [ok. 2000 m/s. według oświadczenia Malavala]. Można przypuszczać, że szybkość gazów wychodzących jest proporcjonalna do szybkości $c = \sqrt{n \, R \, \Theta}$, jaką posiada głos w gazie o bezwzględnej temperaturze Θ i stałej gazowej R. Szybkość gazów jak również współczynnika k rośnie ze wzrostem temperatury wylotowej gazów i ze wzrostem stałej gazowej, która jest tym większa, im więcej wodoru zawierają gazy.

W dotychczasowych rozważaniach braliśmy pod uwagę, że wszystkie gazy opuszczają wylot w kierunku lotu pocisku. Obecnie bierzemy pod uwagę tę okoliczność, że hamulec wylotowy rozdzieli ogólną ilość ω kg gazów na dwie części: $q \, \omega + (1 - q) \, \omega$ w ten sposób, że $q \, \omega$ kg gazów skieruje dokładnie w tył, gdy tymczasem tylko $(1 - q) \, \omega$ kg gazów pójdzie za pociskiem w przód.

Przy.mujemy następnie, że te dwie części gazów posiadają jednakową średnią szybkość $v'_s = k\,v_0$, gdzie $k = 2{,}5 - 3$.

Zamiast równania (3) otrzymamy równanie

$$P\,V + q\,\omega\,v'_s = p\,v_0 + (1 - q)\,\omega\,v'_s,$$

z którego wynika

$$V = \frac{1}{P}\left[p\,v_0 + (1 - 2\,q)\,\omega\,v'_s\right] = \frac{v_0}{P}\left[p + k\,(1 - 2\,q)\,\omega\right]. \qquad (9)$$

Równanie (9) różni się od równania (2) czynnikiem $(1 - 2\,q)$. Szybkość odrzutu V jest w danym wypadku tym mniejsza, im większa jest część q, którą nawraca hamulec wylotowy. Z równania (9) widzimy dalej, że dzięki hamulcowi odrzut będzie zupełnie zahamowany ($V = 0$) wówczas, gdy będzie

$$p + k\,(1 - 2\,q)\,\omega = 0$$

czyli

$$q = \frac{1}{2} + \frac{p}{2\,k\,\omega}. \qquad (10)$$

Równanie (10) mówi: aby hamulec wylotowy mógł zupełnie zahamować odrzut, musi skierować ponad $1/2$ wszystkich gazów dokładnie w tył i to tym więcej, im większy jest stosunek $\frac{p}{\omega}$ i im mniejsze jest ciśnienie gazów przy wylocie (im mniejsze jest k).

Ponieważ jednak q jest mniejsze od 1, musi być

$$1 > \frac{1}{2} + \frac{p}{2\,k\,\omega} \text{ albo } \frac{p}{\omega} < k. \qquad (11)$$

Nierówność (11) wyraża warunek, który musiałby być spełniony nawet u hamulca najbardziej doskonałego (teoretycznie), tj. takiego, który by wszystkie gazy skierowywał dokładnie w tył, by hamulec ten mógł zupełnie zahamować odrzut.

Gdyby $k = 3$, $p = 3\,\omega$, byłoby rzeczą niezbędną, aby $q = 1$ w warunku zupełnego zahamowania odrzutu przez hamulec.

W wypadku $q = \frac{1}{2}$, równanie (9) daje $V = \frac{v_0}{P}\,p$, tak że dzięki hamulcowi wylotowemu osiągniemy zmniejszenie szybkości odrzutu o

$$V_m - V = \frac{v_0}{P}\,k\,\omega.$$

Szybkość $V = \frac{v_0}{P}\,p$ jest taka, jak gdyby gazy były idealne (bez ciężaru) dla tego, że wpływy obu części gazów omal się znoszą. Np. dla wyżej wym. armaty dla $q = \frac{1}{2}$ otrzymalibyśmy $E_z = \frac{p}{P}\,E_s = 0{,}01$; $E_s = 197$ mkg przy ciężarze $P = 86$ kg. Przy ciężarze $P = 260$ kg (ciężar całego działa) 3 razy mniejsza energia odrzutu byłaby $E_z = 66$ mkg.

Jeżeli porównamy wyniki powyższe z wartościami $E_z = 0{,}04\ E_s$, lub $E_z = 273$ mkg, otrzymanymi bez hamulca, to widzimy, że hamulec przy wartości $q = 0{,}5$ spowoduje w 75% zahamowanie energii odrzutu.

III. Wnioski.

Teoretyczne rozważania przemawiają za pewnymi możliwościami, o których mówi G. Bory. Według inż. Naratha skuteczność hamulca wylotowego zależy również od kąta wypływu gazów, co w powyższym rozważaniu nie brano pod uwagę.

Głowica umieszczona na wylocie, która najpierw gazy nawraca, następnie je wypuszcza w kierunku promieni, nie mogłaby być skuteczniejsza, gdyby nie nawracała gazów z powrotem, lecz tylko je odchylała o 90°, ponieważ skuteczność hamulca wylotowego zależy w tym wypadku tylko od kąta wypływu gazów.

Strzelanie z hb 105 mm ze zwiększoną znacznie szybkością, o czym wspomina inż. Narath, — potwierdza teorię autora.

Hamulce wylotowe w znanym wykonaniu nie spełniają dobrze ani jednego z zadań podanych przez G. Bory, albowiem:

— nie zapobiegają wpływowi gazów z wylotu lufy za pociskiem w kierunku jego lotu, a tylko części tych gazów umożliwiają wypływ z lufy do hamulca wylotowego;

— zmieniają drogę tylko tej części gazów, a nawet i tej części nie skierowują dokładnie do tyłu;

— niebezpiecznemu oddziałowywaniu gazów na obsługę zapobiegają chyba tylko przez to, że wypuszczają gazy pod kątem wypływu ok. 90° (prostopadle do lufy), co koliduje z zadaniem 2 i obniża skuteczność hamulca wylotowego.

W armatach okrętowych, fortecznych, w broni panc. możnaby przeciwdziałać szkodliwemu działaniu powracających gazów przez zamknięcie tych armat wraz z obsługą w wieżach. W pozostałych broniach gazy te mogłyby być częściowo odrzucane za pomocą specjalnych tarcz.

S. K.

Nowości w uzbrojeniu zagranicą.

Artyleria przeciwlotnicza nowoczesna posiada kalibry małe 20—40 mm, średnie 70—80 mm i ciężkie 100—150 mm z odpowiednimi pułapami: 4, 5, 10 i 16 km oraz szybkostrzelnościami: 250, 25 i 16 na minutę.

Nasłuchowniki plotnicze mają zasięg maksymalny do 22 km, z dokładnym pomiarem do 14 km; reflektory plotnicze o zasięgu 10 km mają siłę do 800 milionów świec.

Jedna z nowszych armat plot. amer. jest połączona automatycznie z bardzo czułymi nasłuchownikami; istnieją takie 2 baterie próbne. („Industria" 1937 r.).

Austriackie wojsko posiada wykrywacz samolotów oparty na obliczaniu czasu odbicia się promieni pozaczerwonych. („Popular Mechanics" 1937).

Zagadnienie rakietowe. Technika pocisków rakietowych rozwija się w tajemnicy i tylko na podstawie oderwanych wzmianek, patentów i prac teoretycznych można mieć pojęcie o kierunku, w jakim się te prace posuwają. A prace te idą obecnie w dwóch kierunkach: w zastosowaniu rakiet do artylerii i jako silników do lotni-

ctwa. Artyleria rakietowa znajduje zastosowanie próbne w dziedzinie uzbrojenia samolotów, czołgów, samochodów pancernych, okrętów. Użycie w tych rakietach paliwa płynnego daje możność osiągnięcia setek kilometrów donośności. Według franc. konstruktorów lotniczych Bregge i Daviliera uskrzydlona torpeda powietrzna rakietowa, sterowana falami radiowymi, lecąca z szybkością 2.800 km/godz. może przenosić bomby lotnicze na odległość ponad 1.000 km. Oczywista, należy tu rozwiązać sprawy aerodynamiki szybkości ultradźwiękowych, celności, sterowania itp. Lecz zagadnienie to leży w granicach możliwości dzisiejszej techniki.

Wykorzystanie silników rakietowych w lotnictwie gra dominującą rolę w urzeczywistnieniu lotów stratosferycznych. Zastosowanie rakiet wg pomysłu austr. inż. Sängera jako serwomotoru przy zespole śmigłowym pozwala skrócić czas wzniesienia się samolotu do wysokości 6.000 m pięciokrotnie i pozwala na lot poziomy z szybkością 1.000 km/godz. Stosuje się też rakiety przy startowaniu silnie obciążonych samolotów (Junkers). W Italii gen. Crocco, a we Francji inż. Le Duc czynią doświadczenia z samolotem czysto rakietowym o szybkości 1.000 km/godz. Budową rakiet meteorologicznych zaopatrzonych w spadochron zajmują się w Rosji (inż. Duszkin). („Industria", 1938 r.).

SPRAWOZDANIA I RECENZJE

Przyczyny korozji przewodów luf karabinowych — B. Poddubnyj.

[Tiechnika i Wooruženje IX—37 r.].

Rdzewienie przewodu lufy karabinowej prowadzi w konsekwencji do utraty jej przydatności bojowej. Istotą pielęgnacji karabinu w oddziałach wojskowych i składach jest dążność do uchronienia lufy karabinu, jak i innych jego części, przed ukazaniem się rdzy.

Dotychczas uważano, że rdzewienie w przewodzie lufy odbywa się w sposób następujący: „w czasie strzelania gazy prochowe przenikają dość głęboko w pory metalu ścianek lufy, zatrzymują się tam i, wydzielając się powoli, przez swe kwasy wywołują rdzewienie metalu". („Nastawlenije po striełkowomu diełu R.K.K.A.").

Stwierdzenie to w zasadzie oparte było na artykule Żukowskiego i Różańskiego (Artillerijskij Żurnał, 1908), do którego został wykorzystany materiał ze źródeł zagranicznych.

Opierając się na jakoby dowiedzionym założeniu, że rdzewienie spowodowane jest przez gazy okludowane, niektórzy badacze określali nawet szybkość wydzielania się okludowanych przez lufę gazów.

Twierdzenie, że w gazach prochowych są tlenki azotu, często oparte jest na subjektywnym „wyczuciu po strzelaniu w powietrzu obecności tlenków azotu". Istotnie spalanie się prochu bezdymnego przy ciśnieniu normalnym w probowce odbywa się tak, iż tworzą się tlenki azotu powodujące szybką korozję stali. Ustalono również, iż przy wymoczeniu prochu bezdymnego w wodzie destylowanej, znajdują w niej potem pewne ilości tlenków azotu.

Zwolennicy teorii luf karabinowych spowodowanej okludowaniem gazów kwaśnych uważają, że:

a) największa ilość wydzielających się tlenków azotu przypada na pierwsze 4 godziny i średnio zostaje w jednej lufie wydzielonych 0,0015 mg. tlenków azotu, po przeliczeniu na (NO_2);

b) wydzielanie się gazów okludowanych trwa przez czas do 8-u dni;

c) z luf zaołowionych bezpośrednio po przestrzelaniu na wytwórni — tlenki azotu wydzielają się w nieco większej ilości aniżeli z luf nie poddanych zaołowieniu;

d) korozji w lufach zaołowionych bezpośrednio po przestrzelaniu — nie zaobserwowano.

Rozważając istniejące poglądy dotyczące przyczyn korozji luf karabinowych, należy uznać je za błędne. Zastosowaną metodę wyznaczania tlenków azotu nie można uznać za pewną, gdyż nie daje ona gwarancji, że istotnie wyznaczone zostały tlenki azotu.

Ilość tlenków azotu uzyskana jakoby z luf przestrzelanych jest znikomo mała (0,0015 mg. na lufę odpowiada 0,7 mm³ w przeliczeniu na gazowy NO_2).

Po zaołowieniu tlenki azotu wydzielają się w ilości tej samej (nawet nieco większej), przy czym powierzchnia zaołowiona lufy nie wykazuje powstawania korozji. Zatem gazy okludowane na korozję nie mają wpływu w przewodzie lufy, jeżeli nawet założyć, że istnieją one istotnie i stopniowo są wydzielane z metalu.

Niezbędne jest zastanowienie się nad przesłankami teoretycznymi pochłaniania gazów prochowych przez ścianki przewodu lufy przy strzelaniu i w szczególności nad okludowaniem tlenków azotu.

Przy pełnym spalaniu się prochu bezdymnego otrzymujemy gazy, skład których (bez wody) przytoczony jest w tablicy I (dla gęstości ładowania 0,2 przy wybuchu w bombie Sarreau i Vieille'a).

Skład tych gazów jest nadzwyczaj charakterystyczny, większą część ich stanowią gazy redukujące wodór i tlenek węgla. Dla składu prochu bezdymnego „B" stanowią one wspólnie z metanem 65,7%.

Tablica 1.

L. porz.	Składniki gazowych produktów spalenia prochu	Wzór chem.	Zawartość w % objętościowych			Uwagi:
			proch bezdym. „B"	nitroceluloza nierozp.	kordyt	
1	Wodór	H_2	20,1	18,4	14,8	Skład kordytu:
2	Azot	N_2	13,8	15,7	19,3	58% nitrogliceryny + 37% ni-
3	Tlenek węgla	CO	44,6	37,6	40,3	trocelulozy
4	Dwutlenek węgla	CO_2	20,5	27,7	24,9	+ 8% wazeliny
5	Metan	CH_4	1,0	0,6	0,7	
	Suma:		100,0	100,0	100,0	

Wysoka temperatura spalania się prochu (2400°) oraz wysokie ciśnienie w lufie (2800 atm.) jako też charakter powstających przy paleniu się prochu gazów wyłączają możliwość tworzenia się gazów utleniających.

Jest rzeczą bezsporną, iż pod wpływem wysokiego ciśnienia gazy prochowe mają zdolność przenikania do najdrobniejszych szczelin metalu przewodu lufy. *Clever* przypuszczał, że „pod wływem wysokiego ciśnienia gazy prochowe są okludowane przez lufę w bardzo znacznej ilości i dążąc po strzale do wydostania się na powierzchnię, niejako rozpulchniają przewód, powodując tworzenie się pęknięć i wgłębień".

Żukowski i Różański utożsamili „teorię" okludowania z korozją i od tego czasu w pewnych kołach artylerzystów ustaliło się przekonanie, że jedynie okludowane kwaśne gazy prochowe, powoli wydzielając się z metalu po strzale, powodują korozję przewodu lufy.

Do zjawisk pochłaniania gazów i par przez ciała stałe stosują termin „sorbcja". Odróżniają przy tym 4 rodzaje sorbcji:

1. Absorbcja—pochłanianie gazu na skutek jego przenikania (dyfuzji) do masy ciała stałego, co prowadzi do utworzenia się stałego roztworu. Ponieważ dyfuzja gazów w ciałach stałych odbywa się bardzo powoli, więc i proces absorbcji charakteryzuje się małą szybkością, a zatem potrzebuje dużo czasu dla dokonania się.

2. Adsorbcja — jest to zagęszczenie się gazu na powierzchni ciała stałego; jako zjawisko czysto powierzchniowe charakteryzuje się bardzo znaczną szybkością i w wypadku adsorbentów o powierzchni gładkiej odbywa się w bardzo krótkim okresie czasu.

3. Kondensacja włoskowata jest to sorbcja par kosztem ich kondensacji w porach ciała stałego. Na ciałach pozbawionych gazów innych, po za badanym, proces kondensacji włoskowatej trwa zwykle kilka minut.

4. Sorbcja chemiczna jest to czwarty rodzaj sorbcji — chemiczna reakcja gazu z ciałem stałym. Szybkość tego procesu określa się nie tyle szybkością reakcji chemicznej, ile szybkością dyfuzji gazu przez warstwę produktów reakcji do powierzchni reagującej.

Po strzale i w trakcie jego możemy przypuścić istnienie wszystkich czterech rodzajów sorbcji gazów przez metal. Absorbcja charakteryzuje proces tworzenia się roztworów stałych wodoru w stali — proces bardzo powolny, lecz dla lufy całkiem prawdopodobny. Adsorbcja gazów zachodzi w każdym ciele stałym; zjawisko to odbywa się szybko, lecz ilość gazu adsorbowanego jest znikoma, gdyż molekuły przy adsorbcji tworzą na metalu jedną lub dwie warstwy.

Kondensacja włoskowata zachodzi w procesach kondensacji par soli znajdujących się w gazach prochowych, przy czym towarzyszy jej zapełnianie się por solami stałymi (np. chlorkiem sodu) lub płynami. *Ten rodzaj sorbcji z punktu widzenia korozji jest najważniejszy, gdyż współdziałanie chemiczne gazów prochowych z metalem być może zachodzi, lecz nie wpływa to istotnie na obniżenie własności korozyjnych metalu.*

Procesy desorbcji, to jest oddzielanie się gazów od metali, odbywają się albo natychmiastowo, z powodu spadku ciśnienia po strzale, albo bardzo powoli (absorbcja), albo nie odbywają się wcale (kondensacja włoskowata, sorbcja chemiczna).

Widzimy więc, że procesy „okludowania" (sorbcji) dadzą się rozczłonkować na kilka poszczególnych procesów, które należy również badać niezależnie. Jeżeli pochłanianie tlenków azotu nawet i zachodzi, to jest procesem adsorbcyjnym i, na skutek nadzwyczaj małej zawartości tlenków azotu w gazach prochowych, znaczenie tego procesu dla korozji jest znikome.

Skład osadu w przewodzie lufy.

Przy strzelaniu z karabinu przewód lufy pokrywa się osadem (nalotem) składającym się z twardych resztek pochodzących od rozkładu masy spłonki, od spalania się prochu i resztek płaszcza pocisku.

Ilość osadu pozostającego w przewodzie lufy jest różna i zależy od ilości strzałów oraz stanu powierzchni przewodu. (Tabl. 2).

Tablica 2.

Ilość strzałów:	Ilość osadu w mg.	
	w lufie nowej	w lufie starej
10	39,9	56,3
25	48,0	100,4
100	60,0	178,3

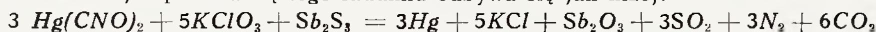
W lufie nowej osadu tworzy się mniej aniżeli w lufie starej podległej korozji. Również ze wzrostem ilości strzałów ilość osadu także wzrasta, przy czym w lufie starej zachodzi to szybciej aniżeli w nowej.

Przytoczone w tabl. 2 ilości osadu zawierają wszystko, co pozostaje w przewodzie lufy po strzale, łącznie z zamiedzeniem lufy. Zastanówmy się, z czego osad ten może się składać.

Przy strzale spłonką piorunianową bez prochu na ściankach przewodu lufy powstaje nalot koloru jasno-szarego. Skład ładunku spłonki jest następujący:

1.	Piorunian rtęci	16,7%	5,0 mg.
2.	Chloran potasu	55,5%	16,7 „
3.	Trójsiarczek antymonu	27,8%	8,3 „
	Razem	100%	30,0 mg.

Reakcja spalania się tego ładunku odbywa się jak niżej:



$$3\,Hg(CNO)_2 + 5KClO_3 + Sb_2S_3 = 3Hg + 5KCl + Sb_2O_3 + 3SO_2 + 3N_2 + 6CO_2$$

Tworzą się przy tym z jednej spłonki następujące substancje:

1.	Rtęć	3,35 mg.
2.	Chlorek potasu	10,0 mg.
3.	Trójtlenek antymonu	7,15 mg.
	Razem	20,5 mg.

SO_2 reaguje częściowo z innymi solami i daje w wyniku sole kwasów siarkowego i siarkawego, większość jednak SO_2 zostaje wydalona z lufy wraz z gazami.

Inne produkty spalania się ładunku spłonki (azot, dwutlenek węgla) są gazami i nie zatrzymują się w lufie; produkty natomiast stałe pozostają w przewodzie i pokrywają go dość grubą warstwą osadu.

Przy spalaniu się prochu bezdymnego tworzy się znaczna ilość gazów redukujących oraz nieznaczna ilość popiołu. Jest on niehigroskopijny i praktycznie, jak zobaczymy dalej, żadnego wpływu na korozję nie ma.

Tablica 3 podaje skład osadu pochodzącego ze starej i nowej luf karabinowych po 10 strzałach, przy użyciu pocisku żelaznego z płaszczem melchiorowanym — w miligramach i procentach.

Tablica 3.

L. porz.	Części składowe osadu	Ilość osadu po 10 strzałach			
		w mg		w %	
		lufa nowa	lufa stara	lufa nowa	lufa stara
1	Osadu razem	39,9	56,8	100	100
2	Ilość rozpuszczalnych w wodzie soli (chlorek i siarczan potasu)	8,8	12,7	22,0	22,6
3	Substancje nierozpuszczalne w wodzie	31,1	44,1	78,0	77,4
4	Melchior	12,3	19,2	30,9	33,8
5	Ołów	2,8	3,8	7,0	6,7
6	Żelazo	3,5	3,6	8,5	6,4
7	Popiół	5,4	11,4	13,7	20,0
8	Cyna	7,1	6,1	19,9	10,5

Jak widać z tablicy 3 — składy osadów przy strzelaniu z lufy starej i nowej są bardzo zbliżone. W lufie starej stwierdzamy nieco więcej melchioru i popiołu.

Nadzwyczaj ważnym faktem jest , że 22% osadu tworzą sole rozpuszczalne w wodzie. Analiza tych soli wykazuje, iż składają się one w 70% z chlorku potasu oraz w 30% z siarczynu i siarczanu potasu.

Rtęci w osadzie nie ma zupełnie, gdyż na skutek niskiej temperatury parowania zostaje ona usunięta razem z gazami prochowymi.

Działanie osadu na przewód lufy.

Przy strzelaniu prochem bezdymnym bez spłonki, stosując zapłon elektryczny — otrzymujemy w przewodzie lufy nalot koloru ciemno-szarego. Osad ten daje się względnie łatwo wytrzeć i jest zupełnie niehigroskopijny. Jeżeli lufę przestrzelaną zapomocą prochu bezdymnego — nie oczyścić i poddać działaniu wilgotnego powietrza w ciągu jednej doby, to rdzewienia niemal nie widać zupełnie.

Zdjęcia mikroskopowe dowodzą, że gazy i popiół z prochu bezdymnego nie powodują żadnych skutków ujemnych.

Jeżeli przestrzelać lufę za pomocą spłonek piorunianowych, lecz bez prochu i bez czyszczenia umieścić ją w atmosferze wilgotnego powietrza, to już po stosunkowo krótkim okresie czasu 1 — 2 godzin cała powierzchnia pokryta zostanie dość grubą rdzą o kolorze ciemno-czerwonym. Fotografie mikroskopowe niezbicie dowodzą, że produkty rozkładu pozostające po spaleniu się ładunku spłonki piorunianowej powodują intensywne rdzewienie przewodu lufy.

Rozpatrzmy teraz zachowanie się lufy przy strzelaniu nabojem ślepym (bez pocisku).

Przy strzale pierwszym spala się i usuwa się smar z całej powierzchni przewodu lufy, przy czym pokrywa się ona osadem pochodzącym od prochu i spłonki. Przy strzale drugim osad od strzału pierwszego, pod wpływem wysokiej temperatury, częściowo roztapia się, wyparowuje i przypieka się do stali. Chlorek potasu i inne sole parują i w tej postaci pod wpływem ciśnienia przenikają we wszystkie pory, pęknięcia itd. pod warstwę zamiedzającą i tworzą tam kryształy (kondensacja włoskowata).

Jeżeli po upływie 1 — 2 minut po „wypoceniu się" lufy pozbawić ją osadu, to okazuje się, że powierzchnia metalu uległa wyżarciu. Jasne plamy na powierzchni stali wskazują na miejsca, gdzie stal uległa wyżarciu (zardzewiała). Widzimy więc, że korozja w przewodzie lufy po strzale w warunkach dużej wilgotności (deszcz, mgła itd.) rozpoczyna się niemal natychmiast, po 1 — 2 minutach od chwili dostania się do niej wilgoci. (Chłodna broń w ciepłym pomieszczeniu).

Z tego wynika, że obecność w przewodzie lufy głównie tych łatwo rozpuszczalnych soli — chlorku potasu i siarczanu potasu — wpływa istotnie na rdzewienie przewodu lufy. Trzeba więc w celu zabezpieczenia lufy przed rdzewieniem usunąć te sole; można to uczynić za pomocą wody albo roztworu innych soli, np. sody.

Przewód lufy rdzewieje w trakcie czyszczenia.

Aby przewód lufy nie uległ rdzewieniu, należy go po strzelaniu starannie oczyścić i nasmarować, a po skończeniu służby — przetrzeć i wysmarować smarem

konserwacyjnym. Czyszczenie jest podstawowym środkiem i warunkiem zabezpieczenia lufy przed rdzą i od prawidłowego jego zastosowania zależy przydatność bojowa karabinu i innej broni palnej. Z drugiej zaś strony, nadmierne czyszczenie powoduje szybsze zużycie się przewodu lufy, nie można więc nadużywać tego środka. Czyszczenie przewodu musi być gruntownie przestudiowane i oparte na podstawach naukowych.

W Rosji przyjęto obecnie do czyszczenia karabinów smar o charakterze zasadowym, w składzie:

Oleju wrzecionowego 95 — 98% z dodatkiem mydeł potasowych, kwasów naftenowych (2 — 5%) oraz alkoholu amylowego (1,5 do 3%). Czyszczenie nim ma na celu wg regulaminu: „rozmiękczenie osadów twardych i zneutralizowanie składników kwaśnych, które powstają po strzelaniu w przewodzie lufy".

Otóż „kwaśnych składników" w przewodzie lufy niemal nie pozostaje nic, natomiast pozostaje twardy osad złożony z melchioru, ołowiu, żelaza, cyny, nieznacznej ilości połączeń organicznych (resztki oleju), popiołu i soli rozpuszczalnych — chlorku potasu i kwaśnego siarczanu potasu. Żeby osad ten rozmiękczyć i unieszkodliwić, trzeba rozpuścić te sole. Oleje naftowe, jak i przytoczona mieszanina zasadowa — soli tych nie rozpuszczają. Dla tego można oczekiwać, że mieszanina ta nie rozmiękczy twardego osadu.

Jeżeli mieszaniną tą nasmarować lufę bezpośrednio po strzelaniu i zostawić ją w takim stanie przez 2 — 4 godzin w atmosferze wilgotnego powietrza, to pod smarem wystąpi intensywna korozja w postaci brunatnej ciągłej rdzy.

Te zjawiska zachodzą właśnie przy wniesieniu tak nasmarowanego karabinu do ciepłego pomieszczenia, a więc przy „zapacaniu się" broni.

Gdy zardzewiałą od tej mieszaniny lufę po 2 — 4 godzinach oczyścić za pomocą tejże mieszaniny, to sypka „rdza" może być usunięta, aczkolwiek powierzchnia pozostaje brunatną na skutek pozostania na niej cienkiej i szczelnie przylegającej warstwy rdzy. Przy tym przewód lufy pod światło wygląda pozornie jako czysty i błyszczący.

Przy dalszym przechowywaniu w wilgotnym powietrzu lufy wyczyszczonej za pomocą tej mieszaniny i nasmarowanej smarem konserwacyjnym, po upływie doby obserwujemy pod warstwą smaru dalsze rdzewienie, głównie wzdłuż zadraśnięć, szczelin itd. Rdza ma wtedy kolor jasno żółty i specjalną strukturę; jest jej jednak znacznie mniej aniżeli po przetrzymaniu pod działaniem mieszaniny, jak też po pierwszym oczyszczeniu tą mieszaniną. Przy dalszym czyszczeniu przewodu lufy mieszaniną zasadową w lufie zabezpieczonej przez smar konserwacyjny — rdzewienie zachodzi znacznie wolniej. Należy nadmienić, że smar na powierzchni przewodu lufy nie chroni jej całkowicie przed „wypoceniem", gdyż para z powietrza kondensuje się na powierzchni smaru, a bardzo higroskopijny chlorek potasu może pochłaniać wodę przez tę warstwę.

Rozmaici autorzy rozmaicie określają stopnie i rodzaje korozji lufy, przy czym najczęściej opierają się na stopniu zniszczenia powierzchni przewodu lufy.

O rozwoju korozji najlepiej sądzić po kolorze rdzy; jej wygląd, ułożenie się, charakter narastania mogą wyjaśnić, jak i z jakich przyczyn ona zachodzi i co należy uczynić w celu pozbycia się jej.

Oglądając pod mikroskopem lufę przestrzelaną i nieprzestrzelaną otrzymamy odmienne rodzaje rdzy; np. gdy w osadzie jest dużo resztek utleniających z ładunku

spłonki, wówczas tworzą się duże ogniska zniszczenia — wtedy pod rdzą metal jest znacznie zardzewiały. Bryłka rdzy tworzy skomplikowany układ krystaliczny, wyglądający jak kwiat. Przy pocieraniu miejsca zardzewiałego suchą szmatką lub szczotką z łatwością usuwamy ten „kwiat", pozostaje jednak pod nim „podstawa" o kolorze zielono-brunatnym, która dobrze przylega do metalu i daje się usunąć jedynie szczotką metalową. Jeżeli lufę przestrzelano jedynie przy użyciu spłonki piorunianowej — mamy wówczas duże i rzadkie kryształki rdzy o kolorze ciemnoczerwonym. W lufie nie przestrzelanej rdza ma charakter nalotu o kolorze jasno żółtym, który daje się łatwo zetrzeć i nie tworzy głębokich wżerań. Taka rdza tworzy się w niektórych punktach lub na brzegach zadraśnięć i pęknięć. Szybkie rozpuszczanie się żelaza, które zachodzi zwykle natychmiast po zawilgoceniu przewodu lufy „rosą" — charakteryzuje się ukazaniem się rdzy czarnej lub zielonkawej, a nie żółto-brunatnej. W instrukcjach strzeleckich nadmienia się, że lufę należy czyścić tak długo, aż na ściereczce da się zaobserwować jedynie granatowe zabarwienie pochodzące od metalu. Otóż to zabarwienie, jak pokazała analiza, jest pierwotną rdzą.

Badania wpływu nafty na korozję w przewodzie lufy i jej zdolności do oczyszczenia przewodu lufy od osadu pozwoliło ustalić, że *niestaranne* wyczyszczenie przewodu naftą i pozostawienie go na powietrzu wilgotnym z tym płynem — powoduje intensywną korozję. Jeżeli wszakże oczyszczenie przeprowadzić *starannie* i po tym lufę wytrzeć do sucha, to w powietrzu wilgotnym rdzewienie odbywa się również intensywnie. Wyczyszczony naftą, wytarty i nasmarowany smarem konserwacyjnym przewód lufy — na powietrzu wilgotnym też rdzewieje.

Rozpowszechnioną jest opinia, że nafta dobrze „oddziela" już utworzoną rdzę od powierzchni metalu, którą to rdzę łatwo już następnie usunąć drewnianymi prętami i szczotkami, o ile nasmarowaną naftą powierzchnię pozostawimy w tym stanie przez kilka godzin. Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że nafta istotnie powoduje zmiękczenie osadu, lecz jedynie kosztem resztek kwasu siarkowego, pozostałego w nafcie po jej przeróbce. Miejsca oczyszczone od rdzy przy użyciu nafty i szczoteczki mosiężnej i nasmarowane smarem konserwacyjnym — w dalszym ciągu rdzewieją w wilgotnym powietrzu. A zatem nafta nie nadaje się do czyszczenia przewodu lufy z rdzy i osadów.

Streszczając wszystko tu powiedziane, dochodzimy do wniosków:

1. Proch bezdymny *praktycznie* nie powoduje rdzewienia przewodu lufy.

2. Teoria dowodząca, że główną przyczyną rdzewienia przewodu lufy są *okludowane* na powierzchni przewodu lufy *gazy prochowe*, które działają za pomocą zawartych w nich gazów — *jest błędną*, gdyż fakty zaprzeczają temu. Teoria ta jest szkodliwą, gdyż skierowała walkę z rdzewieniem luf na fałszywe tory i przyczyniła bez wątpienia znaczne szkody broni.

3. Przyczyną rdzewienia przewodu lufy, przy strzelaniu nabojem zaopatrzonym w spłonkę piorunianową, jest obecność na powierzchni wewnętrznej w porach i pęknięciach twardych resztek, pozostałych od spalania się masy spłonki.

4. Z pośród tych resztek najszkodliwiej działają chlorek potasu oraz kwaśny siarczan potasu.

5. Przy strzelaniu tymi nabojami na powierzchni przewodu lufy tworzy się warstewka osadu, która przypieka się do stali; częścią aktywną w tej warstwie jest chlorek potasu.

6. Żeby przewód lufy nie rdzewiał w trakcie jego przechowywania — należy rozpuścić i usunąć cały chlorek potasu i inne rozpuszczalne sole, tak z powierzchni przewodu, jak z por i pęknięć w metalu.

7. Mieszanina zasadowa specjalnie stosowana do czyszczenia przewodów luf po strzelaniu wcale nie rozpuszcza chlorku potasu. Przewód lufy po oczyszczeniu tą mieszaniną również rdzewieje.

8. Ta metoda oczyszczania przewodów luf broni palnej oparta jest na sztucznym zardzewianiu powierzchni przewodu i dla tak intensywnego rdzewienia dobrane zostały najwygodniejsze warunki; zmiękczana przez rdzę błonka osadu zostaje oczyszczona za pomocą rdzy, utworzonej pod mieszaniną zasadową, przy czym tlenki żelaza służą jako czyściwo.

Czyszczenie przewodu lufy mieszaniną zasadową lub innym smarem jest niedopuszczalne.

Nafta wcale nie oczyszcza przewodu lufy od osadu i sprzyja tworzeniu się rdzy.

10. Nie należy umożliwiać „wypacania się" luf przed ich czyszczeniem, po wniesieniu ich z mrozu do ciepłego lokalu. Należy oczyszczać lufę niezwłocznie, gdy jest jeszcze zimna.

11. Za najlepszy sposób oczyszczania lufy od nalotu, który w praktyce całkowicie zabezpiecza przed rdzewieniem lufy po strzelaniu nabojami zaopatrzonymi w spłonkę piorunianową, jest przemycie jej gorącą wodą lub roztworem wodnym sody.

S. Ż.

Rozwój przemysłu wojennego Italii [1]).

C. Po wojnie światowej.

Po zakończeniu wojny i po przeprowadzonej demobilizacji życie gospodarcze Italii opanowało przesilenie. Szczególnie silnie dały się odczuć skutki kryzysu w przemyśle wojennym. Bezplanowa i chaotyczna likwidacja wytwórczości wojennej spowodowała zwinięcie szeregu zmobilizowanych zakładów przemysłowych albo oddanie innych w ręce przemysłu prywatnego. Najdotkliwiej odbiło się to na przemyśle lotniczym, który znalazł się w stanie krytycznym. Dopiero objęcie władzy przez faszyzm w r. 1922 polepszyło ten stan rzeczy. Rozpoczęła się koncentracja wytwórczości. Słabe przedsiębiorstwa likwidowano lub łączono z innymi większymi i silniejszymi. Następnie opracowano programy wytwórczości na dłuższy okres czasu, udzialając zaliczek, zamówień i subwencyj państwowych

Państwowy przemysł wojenny:

Poczynając od r. 1924 przemysł wojenny Italii zaczął się znowu podnosić z upadku. Największe rozmiary przyjęła reorganizacja państwowych zakładów przemysłu wojennego. Niektóre z nich jako samodzielne wytwórnie zlikwidowano i przyłączono do innych większych jednostek przemysłowych. Fabryka karabinów w Brescii oraz wytwórnia prochu w Rossano zostały odstąpione firmom prywatnym. Do roku 1927 pozostawały pod zarządem Ministerstwa Wojny tylko następujące przedsiębiorstwa:

1 fabryka prochu,

2 fabryki amunicji małokalibrowej,

---

[1]) p. W.T.U. Nr 42, str. 543.

1 fabryka zapalników w Rzymie,
1 fabryka karabinów w Terni,
3 arsenały,
1 pracownia przyrządów precyzyjnych.

W arsenale w Turynie wstrzymano bezpośrednio po wojnie wyrób nowych dział, pozostał tylko remont. Liczba robotników zmniejszyła się kilkakrotnie do 600 zatrudnionych. Znaczenie arsenału jednak pozostało. Był on w r. 1927 poważnym zakładem przemysłowym, zdolnym do rozwinięcia produkcji dział, amunicji i zapalników artyleryjskich, wyrabiający działa lekkie i ciężkie do kal. 149 m/m włącznie, haubice 280 m/m oraz amunicję artyleryjską. Arsenały w Neapolu i Piacenzy ograniczyły się bezpośrednio po wojnie do remontów i prac doświadczalnych. Fabryka karabinów w Terni była największym producentem i głównym dostawcą karabinów dla wojska. Jej podlegają 2 nieczynne w r. 1929 fabryki karabinów, jedna w Gardoni-Val-Trampio, druga w Rzymie. Fabryki zapalników w Bologni i Capui posiadały zdolność wytwórczą 25.000.000 zapalników miesięcznie. Poza tym wyrabiały one również skorupy pocisków artyleryjskich i łuski.

Fabryka prochu w Fontana Liri była w tym czasie (r. 1927) jedynym państwowym zakładem produkującym proch. Pokrywała ona zapotrzebowanie pokojowe. Zakład przyrządów precyzyjnych w Rzymie wyrabiający szkło optyczne, przyrządy lotnicze, dalmierze itp. był jedynym większym przedsiębiorstwem tego rodzaju. We wszystkich powyższych zakładach pracowało w r. 1928 około 6.000 robotników.

Oprócz tych zakładów przemysłowych państwo rozporządzało jednym zakładem budowy sterowców w Rzymie i trzema stoczniami okrętów wojennych, a mianowicie: w Spezii, Taranto i Castella-mare di Stabia. Stocznie te, podlegające Ministerstwu Marynarki, były przeważnie zatrudnione przy remoncie pływających jednostek Marynarki Wojennej.

Prywatny przemysł wojenny.

Państwowe zakłady przemysłu wojennego zajmują miejsce przodujące w wytwórczości karabinów, nabojów małokalibrowych, zapalników artyleryjskich i przyrządów precyzyjnych. Odgrywają one jednocześnie bardzo znaczną rolę w produkcji pocisków artyleryjskich, dział okrętowych, płyt pancernych, materiałów wybuchowych, samolotów, silników lotniczych, czołgów i okrętów wojennych.

Prywatny przemysł wojenny Italii, podobnie jak w Anglii i Francji, znajduje się w rękach kilku koncernów. Koncerny te łączą wytwórczość wojenną z przemysłem metalurgicznym, budową maszyn, wyrobem nawozów azotowych, barwników itp., co daje im możność bardziej elastycznego rozszerzania i zwijania produkcji, w zależności od koniunktury rynku. Państwo popiera jednak w Italii działalność tych przedsiębiorstw w znacznie szerszym zakresie i silniej niż to zachodzi w Anglii lub Francji, stosując jednocześnie znacznie silniejszą kontrolę nad ich działalnością.

Największymi koncernami przemysłu wojennego są w Italii: zakłady Breda, Ansaldo, Fiat i Montecatini. O działalności tych przedsiębiorstw była mowa w poprzednim rozdziale, koncern Montecatini znajdzie omówienie w związku z przedstawieniem powojennego rozwoju przemysłu chemicznego. Należy jeszcze raz podkreślić rolę tych koncernów w życiu przemysłowym kraju. Zakłady Breda są głównym dostawcą specjalnych rodzajów stali dla całego przemysłu. Ich dział lotniczy jest w możności produkować 150 samolotów miesięcznie. Ponadto Breda posia-

da własny Instytut Naukowy przeznaczony dla prac badawczych. Zakłady Ansaldo są również jednym z głównych producentów metalurgicznych. Szczególnie w zakresie specjalnych gatunków stali dla stoczni, wytwórni samochodów i samolotów. Oprócz tego wyrabia Ansaldo w wytwórni „Dalta" lekkie stopy alumniowe. Zakłady Fiat, przedstawiające 70% produkcji samochodowej Italii, wyrabiają około 60.000 samochodów rocznie. W r. 1922 kupiły od zakładów Ansaldo fabrykę samolotów w Turynie.

Przedsiębiorstwa założone przez kapitał zagraniczny i będące jego własnością, omówione w poprzednim rozdziale, były w r. 1927 następujące:

1. wytwórnia dział Terni-Vickers w Spezii,
2. „ Amstrong w Pozzuoli,
3. „ torped Whitehead w Neapolu,
4. fabryka materiałów wybuchowych w Avigliona i Carmignone.

Wytwórnia Amstrong ograniczyła stan zatrudnionych do 1.000 robotników (podczas wojny 6.000) i wyrabiała oprócz dział, torped i amunicji artyleryjskiej, parowozy, wagony kolejowe, silniki okrętowe itp. Zakłady Terni-Vickers, które podczas wojny zatrudniały około 5.000 robotników, zmniejszyły liczbę zatrudnionych do połowy i przeprowadzały remonty dział przeciwlotniczych oraz wyrabiały małokalibrowe armaty samoczynne plotnicze i ppancerne.

Produkcja prochu i materiałów wybuchowych znajdowała się w owym czasie głównie w rękach przedsiębiorstw „S.I.P.E." i Dynamit-Nobel. Duże znaczenie posiadały również dla produkcji prochu zakłady Bambrini-Parodi-Delfino w okolicach Rzymu. Wyrabiały one prochy nitroglicerynowe w ilościach około 500 t. miesięcznie. Z pośród materiałów wybuchowych produkowano głównie trotyl, którego wytwórczość stoi w Italii pod względem technicznym na wysokim poziomie.

Przemysł lotniczy:

Silny rozwój produkcji samolotów i silników lotniczych, który dokonał się podczas wojny, został po wojnie zahamowany, ponieważ zbyt nie był w możności zapewnić pełnego zatrudnienia zakładom przemysłu lotniczego. Zamówienia państwowe były nieznaczne, a prywatne lotnictwo nie istniało jeszcze. Dopiero w późniejszych latach państwo udzieliło poważniejszych kredytów na zakup sprzętu lotniczego. W r. 1927 zbudowano w Italii około 600 nowych samolotów i około 800 silników lotniczych. Poza tym wyremontowano dużą ilość samolotów.

W r. 1929 Italia posiadała 9 wytwórni samolotów, z tego 7 zajmowało się budową wodnosamolotów. Ze względu na mały zbyt zagranicą sytuacja przemysłu była ciężka. Ogólna liczba robotników pracujących w przemyśle lotniczym nie przekroczyła 3.000; przy pełnym zatrudnieniu była ona kilkakrotnie wyższa.

Silniki lotnicze wyrabiały 3 przedsiębiorstwa, zajmujące się oprócz tego produkcją samochodów. W przemyśle silników lotniczych pracowało około 5.000 robotników.

Przemysł lotniczy skupia się w północnej części Italii, tam również znajdują się główne zakłady przemysłu metalurgicznego i maszynowego. W Mediolanie znajdują się zakłady lotnicze Breda i Caproni. W każdej z nich było wówczas zatrudnionych około 200 robotników. Produkcja wynosiła 5 — 6 samolotów miesięcznie, co przedstawia tylko ułamek rzeczywistej zdolności wytwórczej tych zakładów. W pobliżu Mediolanu znajdują się również fabryki silników lotniczych Isotta Faschini i Romeo, z których każda wyrabia średnio 30 silników miesięcznie

W okolicach Turynu znajdują się: wytwórnia samolotów i silników lotniczych Fiat i fabryka samolotów Ansaldo. Na południu Italii istniała tylko jedna wytwórnia samolotów w Neapolu. Wodnosamoloty produkowały fabryki: S.I.A.I. w Seste Calenda, Macchi w Varese, Triesteńskie Zakłady Lotnicze w Monfalcone oraz oddział niemieckiej firmy Donier w Pizie. Zakłady Donier, które produkowały wodnosamoloty dla celów wojskowych i cywilnych, zajmowały się przeważnie wykonaniem zamówień zagranicznych i zatrudniały 800 robotników.

Ogólna sytuacja przemysłu wojennego.

Pierwsze dziesięciolecie powojenne było okresem, w którym przemysł wojenny Italii, rozbudowany do ostatnich granic podczas wojny światowej, przechodził zasadnicze zmiany ustrojowe. Dostosowany do natychmiastowego zaspakajania olbrzymiego zapotrzebowania walczącego wojska, był on z punktu widzenia całokształtu życia gospodarczego kraju improwizacją. Wytwórczość wojenna była niemożliwa bez intensywnego zaopatrywania przemysłu w zagraniczne surowce, paliwo i inne środki produkcji. Po wojnie zabrakło odpowiedniego rynku zbytu oraz podstawy przemysłowej, ponieważ produkcja, zależna w dużej mierze od zagranicy, stała się w czasie pokoju za kosztowna. Wiele gałęzi wytwórczości, uzasadnionych całkowicie podczas trwania wojny, straciło rację bytu, ponieważ opierały się one na półfabrykatach lub wyrobach gotowych pochodzenia zagranicznego Dotyczyło to w pierwszym rzędzie przemysłu chemicznego, a więc materiałów wybuchowych. Opierał się on w dużej mierze na produktach sprowadzanych z zagranicy, jak benzolu, toluolu, anilinie, kwasie pikrynowym itd. Dotknięty został również silnie przemysł lotniczy, importujący aluminium, przemysł elektrotechniczny i wszelkie inne gałęzie przemysłu wojennego.

Powstała dysproporcja pomiędzy potężnie rozbudowanym przemysłem wojennym a stosunkowo słabym uprzemysłowieniem kraju. Niedostatecznie rozwinięty przemysł prywatny nie mógł ani zaopatrywać przemysłu wojennego w krajowe półfbrykaty i wyroby gotowe, ani też stać się odbiorcą dla jego wytwórczości pokojowej. Utrzymanie przemysłu wojennego, który rozmiarami i gotowością produkcji odpowiadał potrzebom wojny światowej wymagało subwencyj państwowych, przekraczających znacznie możliwości obciążenia skarbu państwa. Z tego powodu Italia była zmuszona przejść w zasadzie do demobilizacji właściwego przemysłu wojennego, starając się jednocześnie podtrzymać i rozwinąć pewne działy wytwórczości, których niedorozwój był groźny z punktu widzenia przyszłej gotowości wojennej. Dotyczyły to przede wszystkim przemysłu chemicznego, którego niezbędność stała się podczas wojny oczywistą oraz lotniczego, który posiadał silne oparcie o wysoko stojący krajowy przemysł samochodowy i o niewyzyskane możliwości produkcji aluminium z rud krajowych.

Przeprowadzenie przez rząd faszystowski koncentracji przemysłu wojennego wraz z unieruchomieniem szeregu zakładów i zwężeniem produkcji pozostałych było akcją planową włączającą wytwórczość wojenną w życie gospodarcze kraju, celem dostosowania tego ostatniego do wymogów obronności i niezależności gospodarczej w czasie wojny. Unieruchomione wytwórnie sprzętu wojennego zostały zakonserwowane i były stale utrzymywane na odpowiednim poziomie technicznym.

W reszcie zakładów starano się utrzymać produkcję na jak najwyższym poziomie dzięki zamówieniom rządowym i zagranicznym. Zamiast więc wydawać olbrzymie sumy na utrzymanie nadmiernie rozbudowanego przemysłu wojennego, rząd faszystowski skierował swe wysiłki na rozwinięcie tych gałęzi wytwórczości,

których brak dał się odczuć podczas wojny i na przestawienie przemysłu w jak najszerszej mierze na surowce krajowe, ażeby nastąpiła przede wszystkim rozbudowa przemysłu surowcowego. Wykorzystano więc niewyzyskane dotąd bogactwa mineralne, jak rudy aluminiowe, ołowiane, cynkowe, sole jodu, pokłady azbestu i miki oraz rozwinięto fabrykację azotu z powietrza. Równolegle prowadzona intensywna elektryfikacja kraju umożliwiła zastąpienie w licznych gałęziach przemysłu węgla energią elektryczną, co z kolei wpłynęło na powstanie elektrohutnictwa żelaza, aluminium i cynku oraz przemysłu elektrochemicznego. Jednocześnie nastąpiła gwałtowna rozbudowa organicznego przemysłu chemicznego, którego brak dał się dotkliwie odczuć podczas wojny w zakresie produkcji materiałów wybuchowych i gazów bojowych. Przemysły elektrotechniczny i maszynowy, które podczas wojny rozszerzyły swą produkcję, po wojnie korzystały nadal z poparcia państwa i skutecznie współdziałały nad uprzemysłowieniem kraju.

Powojenne życie gospodarcze Italii cechuje dążenie do uzyskania maksymalnej niezależności od zagranicy. Przejawia się ono w elektryfikacji przemysłu i komunikacji celem jak najszerszego wyeliminowania węgla, poszukiwaniu ropy naftowej w kraju oraz udziałach Italii w eksploatacji terenów zagranicznych, wyzyskaniu wszystkich bogactw mineralnych kraju, wzmożeniu produkcji metalurgicznej, maszynowej, elektrotechnicznej i chemicznej. Zasada produktywizmu[1]) Italii faszystowskiej wzmogła w wybitny sposób wytwórczość wszystkich gałęzi gospodarstwa narodowego, stwarzając przez to podstawy dla wytwórczości przemysłu obronnego.

Drugie dziesięciolecie powojenne przynosi znaczne ożywienie produkcji ścisłego przemysłu wojennego. Pomimo, że brak jest danych wytwórczości poszczególnych gałęzi przemysłu i nie znana jest liczba produkujących zakładów — to jednak statystyka handlu zagranicznego Italii dla broni i amunicji wskazuje wyraźnie na znaczny wzrost produkcji. Dotyczy to zwłaszcza przemysłu amunicyjnego, którego eksport w r. 1922 posiadał wartość tylko 1.262.700 lirów, w r. 1926 natomiast 10.118.300 lirów[2]), w r. 1930 — 13.899.500 lirów, w r. 1933 — 17.016.700 lirów, a w r. 1935 — 12.457.200 lirów. Ponieważ był to rok kampanii abisyńskiej, więc należy przypuszczać, że nasilenie produkcji musiało być potężne, skoro mogła ona pokryć zapotrzebowanie frontu i mobilizacji przy równoczesnym utrzymaniu eksportu na poziomie pokojowym. Podobnie przedstawia się eksport broni. Wartość jego w r. 1922 wynosiła 1.936.500 lirów, w r. 1926 — 27.421.900 lirów, w r. 1930 osiągnęła maksimum 58.323.200 lirów, spadając w r. 1934 do 24.351.200 lirów. Co prawda w r. 1934 wartość przywozu broni wyniosła 5.045.700 lirów, za to w r. 1935, roku wojny z Abisynią, import zmalał do 2.294.200, a eksport wynosił jeszcze 6.137.600.

W roku 1931 istniało 21 wytwórni prochu i materiałów wybuchowych z nitrogliceryny, nitrocelulozy i trotylu. Pracowały one jednocześnie na eksport, przy czym produkcja ich miała przekraczać 10-krotnie zapotrzebowanie pokojowe. Zakłady produkujące proch czarny przystosowano do wyrobu prochów wojskowych.

---

[1]) Teoria ekonomiczna faszyzmu kładzie nacisk na zagadnienie produkcji. Produktywizm faszystowski chce wytworzyć typ producenta, który by utożsamiał dobro całości ze swym własnym. (Krzyżanowski — Polityka Ekonomiczna Faszyzmu).

[2]) Waluta bieżąca nie przeliczona na złoto.

W owym czasie istniały następujące wytwórnie państwowe, trudniące się przeważnie przeprowadzaniem naprawy sprzętu.

fabryka broni w Terni,
„ zapalników w Rzymie,
zakłady pirotechniczne w Capui,
5 arsenałów.
Wytwórnie koncesjonowane przez państwo:
fabryka broni w Rzymie dla produkcji kb i k.m.,
zakłady w Pozzuoli dla artylerii i sprzętu artyleryjskiego.

Poza tym większość sprzętu uzbrojenia wyrabiały fabryki prywatne. W przemyśle lotniczym pracowało 14 przedsiębiorstw. W r. 1934 wyprodukowano na eksport sprzęt za 110 milionów lirów.

Przemysł samochodowy był popierany i subwencjonowany przez państwo. Dla wojska pracowały następujące przedsiębiorstwa: Fiat (czołgi Fiat i Fiat-Ansaldo) i Breda (ciągniki). Ministerstwo Wojny utworzyło specjalny Inspektorat Pojazdów Motorowych z trzema filiami na prowincji, którego zadaniem jest kontrolowanie całokształtu motoryzacji cywilnej. W r. 1933 Italia posiadała 487.453 pojazdów silnikowych.

Okres wojny abisyńskiej (1935 — 36).

Wojna abisyńska (1935 — 36) oraz poprzedzający ją okres przygotowawczy, o którym nawet oficjalne źródła donoszą, że sięga r. 1932 — były okresem wzmożonych zbrojeń. Absolutny brak danych, dotyczących wytwórczości ścisłego przemysłu wojennego w tym czasie, nie pozwala na porównanie jej z produkcją podczas wojny światowej. O nasileniu wytwórczości można tylko wnioskować z oficjalnie podanych liczb, dotyczących wysłanego do Afryki Wschodniej sprzętu wojennego. amunicji i sprzętu technicznego.

Do dnia 1 czerwca 1936 (wojna została zakończona w maju 1936 r.) wysłano z Italii do Afryki Wschodniej dla potrzeb wojsk walczących na różnych frontach.

Broń:	kb. i kbk	około 500.000	sztuk
	l.k.m. i c.k.m.	„ 15.000	„
	działa, moździerze, granatniki	„ 1.600	„
	czołgi i samochody pancerne	„ 500	„
	samoloty	„ 800	„
	pojazdy silnikowe	„ 19.000	„
Amunicja:	naboje kb. i k.m.	821.000.000	sztuk
	„ pistoletowe	24.100.000	„
	pociski artyleryjskie	3.970.000	„
	granaty ręczne	3.235.000	„
	pociski do moździerzy i granatników	227.380	„
	rakiety sygnałowe	397.850	„

Dla zaspokojenia zapotrzebowania wojsk walczących w Afryce musiano bardzo poważnie naruszyć zapasy mobilizacyjne w kraju. Wobec tego przemysł wojenny był zmuszony wzmóc swą produkcję nie tylko celem uzupełnienia tych zapasów, lecz celem znacznego ich zwiększenia. Konieczność ta wynikała z mobilizacji wojsk do ewentualnej wojny w Europie oraz z olbrzymiego zapotrzebowania wojny abisyńskiej na sprzęt uzbrojenia, amunicję i sprzęt techniczny. Dla przyspieszenia i usprawnienia tej produkcji rozszerzono wojskowe wytwórnie prochu i amunicji, uruchomiono nieczynne zakłady amunicyjne. Nad całokształtem tych

spraw czuwał Generalny Komisariat Sprzętu Wojennego. Składy niezbędne dla tak poważnych ilości amunicji były budowane przez wojska techniczne.

Zapotrzebowanie na broń i amunicję podczas wojny Abisyńskiej w porównaniu z wojną światową przedstawia się następująco:[1])

Ludzie i zwierzęta	24 maja 1915		3 października 1935		koniec marca 1936	
oficerowie	23.000		8.800		17.100	
szeregowi	852.000		159.000		350.000	
zwierzęta	144.500		57.000		105.790	
Sprzęt	suma	na 1 żołnierza	suma	na 1 żołnierza	suma	na 1 żołnierza
kb. i kbk.	930.000	1,06	297.750	1,774	484.640	1,32
k.m.	618	0,000706	8.715	0,0518	14 536	0,0397
działa	2.120	0,00242	1.090	0,00649	1.608	0,00435
pojazdy motorowe	3.700	0,00037	6.980	0,0410	19.000	0,0516
amunicja młklbr.	670.000.000	765,6	463.816.100	2764,0	818.000 000	2228,8
pociski art.	3.071.000	3,5	3.400.000	20,26	4.200.000	11,4
benzyna w t.	18.400	0,01978	51.900	0,0558		
smary w t.	750	0,0008	2.135	0,00229		

Zestawienie powyższe obejmuje tylko wojska i sprzęt wysłane na front abisyński. Należy zaznaczyć, że oprócz tego w tym samym czasie zmobilizowano i trzymano pod bronią w Italii dla obrony granic 1.000.000 żołnierzy i 40.000 oficerów. Wobec tego przygotowania dotyczące sprzętu i amunicji musiały być co najmniej 2,5 razy większe od tych, które podaje zestawienie dla wojsk wysłanych do Afryki. Jeśli doliczyć do tego uzupełnienie amunicji i sprzętu podczas wojny, z której wybuchem się liczono, to należy przypuszczać, że gotowość produkcyjna przemysłu wojennego była znacznie większa niż z końcem wojny światowej. Za tym przemawia również stan uzbrojenia wojska, wykazujący olbrzymi wzrost broni samoczynnej oraz daleko idącą motoryzację.

W porównaniu z r. 1915 jedna dywizja posiadała w r. 1935:[1])

Ludzie i sprzęt	dywizja piechoty w r. 1915	dywizja piechoty w Afryce Wschodniej
oficerowie	430	450
szeregowi	16.200	13.200
zwierzęta	700	2.700
kb.	13.000	11.600
c. k. m. i l. k. m.	16	390
działa	31	32
pojazdy motorowe	—	240

[1]) Ministero della Guerra: Relazione sull'attività svolta per l'esigenza A.O. — Roma — 1936.

Przewidywania, dotyczące więc samego tylko zużycia amunicji młklbr. odpowiadającego 24-krotnie zwiększonej ilości broni samoczynnej, musiały spowodować olbrzymi wzrost wytwórczości amunicji.

Dzienne zużycie benzyny wynosiło w Afryce Wschodniej 300 t., natomiast podczas wojny światowej — 250 t.

Sprawozdanie Ministerstwa Wojny[1]) przyznaje, że produkcja amunicji tylko z trudem nadążyła zapotrzebowaniu. Zdołano wprawdzie pokryć zapotrzebowanie, lecz głównie dzięki temu, że koniec wojny zbiegł się z osiągnięciem przez przemysł amunicyjny największego nasilenia wytwórczości.

O ile sprzęt uzbrojenia i amunicję dostarczały przeważnie wytwórnie wojskowe, o tyle zaopatrzenie w sprzęt techniczny pozostawiono przemysłowi prywatnemu. Uzupełniały one produkcję prywatną w razie potrzeby pod względem ilościowym, wykańczały sprzęt, jeśli wchodziły w grę tajemnice techniczne, produkowały sprzęt, dla którego fabryki prywatne nie posiadały odpowiednich urządzeń oraz odnawiały zapasy istniejące w magazynach.

Podczas wojny abisyńskiej dostarczono do Afryki Wschodniej następujący sprzęt i materiały techniczne:

1. Parki różnych rodzajów broni	680	sztuk
2. Materiały do budowy pomieszczeń dla ludzi i sprzętu:		
baraki hale	1.500	,,
baraki namioty	2.500	,,
3. Materiały do budowy mostów:		
przewożonych	10.000	,,
metalowych	3.000	,,
prowizorycznych	800	,,
kładek	17.000	,,
4. Koleje żelazne:		
wyposażenie i sprzęt ruchomy dla kolejek wąskotorowych i przemysłowych w km. toru	300	
kolejki nadbrzeżne	2	
5. Kolejki linowe	600	sztuk
6. Materiał do budowy dróg (kompresory, prasy)	300	,,
7. Materiał do budowy umocnień:		
drut kolczasty	65.000	t.
pale	400.000	sztuk
worki na ziemię	400.000	,,
8. Różne materiały budowlane:		
drzewo	23.000	t.
żelazo	2.000	,,
cement	30.000	,,
płyty żelazne i papa	100.000	,,
9. Materiały górnicze:		
urządzenia i przyrządy pneumatyczne	400	sztuk
materiały wybuchowe	1.000	t.

[1]) Ministero della Guerra: Relazione sull'attività svolta per l'esigenza A.O. — Roma, 1936.

10. Sprzęt łączności:		
telefoniczny: drut	260.000	km.
aparaty	30.000	sztuk
centrale	7.000	,,
sprzęt dla linii stałych w km.	2.000	,,
radiowy: stacje i posterunki nadawcze i odbiorcze polowe	12.000	,,
stacje i posterunki nadawcze stałe	5	,,
optyczny: stacje	4.000	,,
materiał zużywalny: baterie	1.500.000	,,
wyłączniki	1.000.000	,,
generatory ręczne	2.000	,,
11. Środki oświetlające:		
stacje fotoelektryczne w przygotowaniu	500	,,
12. Materiał hydrotechniczny:		
kompletne urządzenia do wiercenia głębokich studzien (100 — 300 m)	20	,,
rury	2.500	t.
zbiorniki	12.000	sztuk
pompy ręczne i motorowe	1.500	,,
sondy	25	,,
aparaty destylacyjne i filtry	6.000	,,
pompy wodne, silniki powietrzne	500	,,
samochody z urządzeniem do sterylizowania wody o wydajności 2—3 m^3 na godzinę	8	,,
13. Ruchome warsztaty i laboratoria różnego rodzaju	250	,,
14. Maszyny i urządzenia laboratoriów stałych:		
surowce	1.000	t.
maszyny	120	sztuk
urządzenia do wyrobu tlenu o wydajności 6 m^3/godz.	2	,,
gazy sprzężone w butlach	20.000	m^3
15. Różne przyrządy i narzędzia	1.000.000	sztuk

Sprzęt techniczny wysłany do Afryki odpowiadał zapotrzebowaniu 70 dywizyj, a więc był około 3-krotnie liczniejszy niż w wypadku użycia tej samej ilości wojska w Europie. W tym samym stosunku stało całe wyposażenie wojsk walczących w Abisynii — było ono 3-krotnie większe od normalnego wyposażenia wojennego.

Trudności zaopatrzenia wojska w sprzęt uzbrojenia, techniczny i amunicji wzmogły się znacznie z dwóch powodów. Po pierwsze trudności dewizowe, następnie działanie sankcji zmusiły do ograniczenia importu surowców, półproduktów i wyrobów gotowych oraz do jednoczesnej rozbudowy i intensyfikacji wytwórczości krajowej. Powstały przede wszystkim trudności w zaopatrzeniu w surowce.

Udział surowców importowanych w wytwórczości uzbrojenia wynika najprościej z danych odnoszących się do produkcji 100.000.000 nabojów młklbr. Dla wyprodukowania tej ilości amunicji młklbr. potrzeba było 105 t. miedzi, 913 t. ołowiu, 384 t. cynku, 55 t. niklu i 12 t. cyny, z czego cynk i ołów są surowcami krajowymi. Poważne trudności sprawiało również zagadnienie miedzi na pierścienie pocisków

artyleryjskich. Do surowców importowanych, do których ograniczenia albo zastąpienia dążono, należały: miedź, bawełna, kapok, juta, niektóre metale i niemetale niezbędne do produkcji sprzętu elektrotechnicznego, akumulatorów i aparatów elektrycznych.

Dzięki współpracy Narodowej Rady Badawczej z władzami wojskowymi udało się zastąpić i tym samym ograniczyć użycie:

1. miedzi przez aluminium w drutach telefonicznych,

2. bawełny przez sztuczny jedwab w drutach telefonicznych, stosując 30.000 km. drutu tego rodzaju,

3. juty przez konopie do wyrobu worków na piasek,

4. zaznaczyć należy wysiłki w kierunku zastąpienia cyny i innych surowców przy wyrobie bateryj elektr. oraz toluolu w produkcji materiałów wybuchowych.

Pracy Narodowej Rady Badawczej wraz z technicznymi organami saperów udało się zastąpić trotyl przez żelatynę wybuchową oraz materiałami wybuchowymi, wyrabianymi wyłącznie z surowców krajowych, jak szeddyt i amonowe materiały wybuchowe.

Przeprowadzono szereg zarządzeń, zmierzających do ograniczenia użycia miedzi, wyrobów żelaznych, smarów, materiałów pędnych, węgla itd. starając się zastąpić je w miarę możności surowcami i produktami krajowymi.

Działanie sankcji wyraziło się w handlu surowcami zastąpieniem importu angielskiego przez Niemcy, co dla późniejszego rozwoju myśli gospodarczej i politycznej posiadało bardzo doniosłe znaczenie. Należy bowiem uwzględnić, że Niemcy objęły dostawę najważniejszego dla Italii surowca, jakim jest węgiel. Zapoczątkowana została wówczas ścisła współpraca gospodarcza obu państw, dążących poprzez uzyskanie samowystarczalności gospodarczej z punktu widzenia gospodarki wojennej do zasadniczych zmian politycznych.

Łączność ta dojrzewała od szeregu lat w różnych dziedzinach przemysłu metalurgicznego i chemicznego. Wyraża się ona zarówno we współpracy technicznej przemysłu niemieckiego z przemysłem włoskim jak też w bezpośrednim udziale finansowym. Najlepszymi przykładami przenikania rozbudowującego się przemysłu italskiego przez koncerny niemieckie jest przemysł aluminiowy, pracujący na patentach niemieckich i przemysł barwników syntetycznych, w którym posiada udziały I. G. Farbenindustrie.

ŹRÓDŁA:

Gen. Pławski — Kilka słów o wojennym przemyśle włoskim. — Przegląd Art., 1926.

Prof. inż. Stanisław Płużański — Zasady mobilizacji przemysłu na potrzeby obrony Państwa. — Warszawa — 1934.

Revue D'Artillerie, 1926.

Chimie & Industrie, 1918 — 1938.

Vojensko-Technické Zprávy. 1932, Nr Nr 3, 5, 6, 7.

S. Wiszniow — Wojennaja promyszlenost' inostrannych gosudarstw — Moskwa — 1930.

Dr Carlo P. di Caccura — L'industria degli esplosivi in Italia durante la guerra e loro utilizzazione nel dopo guerra. — Rivista D'Artiglieria e Genio — 1923.

E. Giamini — Densita di schieramento della artiglieria e consumo di munizioni nella Grande Guerra. — Rivista Militare Italiana — 1931.

Geloso — Produzione, rifornimento e consumo di munizioni per artigleria durante la guerra italo-austriaca 1915 — 18. — Rivista D'Artiglieria e Genio, 1928.

Rostagno — La sferzo industriale dell'Italia nella recente guerra. — Rivista D'Artiglieria e Genio 1926 i 1927.

Gen. Pietro Ago—La nostra artiglieria all'inizio della Grande Guerra— Rivista D'Artigleria e Genio, 1937.

Vittorio Franchini — Istituto della Mobilitazione Industriale — Esercito e Nazione, 1929.

Vittorio Franchini — Taluni lineamenti della mobilitazione economica e civile dell'Italia in Guerra — Esercito e Nazione, 1929.

Vittorio Franchini — Istituto dell'ausiliaretà degli stabilimenti — Esercito e Nazione, 1929.

Vittorio Franchini — Mobilitazione Industriale dell'Italia in guerra. — Iresultati ottennuti — Esercito e Nazione — 1931.

Ministero della Guerra — Relazione sull'attività svolta per l'esigenza A. O. — Roma — 1936.

Dr Zdzisław Meliński

Metoda balistyki wewnętrznej oparta na całkowaniu liczbowym.

(ciąg dalszy) [1]

ROZDZIAŁ II.

Rozwiązanie przy argumencie *z*.

§ 13. *Zależność y od z*.

Jeżeli za zmienną niezależną zamiast y przyjąć z, to przy rozwiązywaniu zadania należy dla przyjętego z znaleźć odpowiednie y. Zależność ta będzie miała postać (4 i 8), podaną w §§ 1, 2 i 3.

Wielkość z_0 odpowiadającą wciskaniu i konieczną do rozpoczęcia obliczeń wg tej metody znajdujemy wg znanego już wzoru (11).

Wreszcie potrzebne będą zależności różniczkowe między y i z w postaci $N = \frac{dy}{dz}$, przy czym:

1) dla prochu o stałej powierzchni spalania

$$N = 1 \tag{37}$$

2) dla prochu rurkowego

$$N = \frac{1}{\sqrt{(1+k)^3 - 4k \cdot z}} \tag{38}$$

3) dla prochu wstęgowego

$$N = \frac{1}{x\,(3\mu\, y^2 - 2\lambda\, y + 1)} \tag{39}$$

Według wzoru (39) obliczyliśmy wartości D w zależności od z i y podane uprzednio w § 12 dla prochu B. S. P.

---

[1]) p. W. T. U. Nr 42, str. 567.

§ 14. *Równania okresu pierwszego.*

Równania te łatwo można otrzymać z analogicznych równań rozdziału I ponieważ:

$$\left.\begin{aligned} v'_z &= \frac{dv}{dz} = \frac{dv}{dy} \cdot \frac{dy}{dz} = v'_y \,.\, N \\ x'_z &= \frac{dx}{dz} = \frac{dx}{dy} \cdot \frac{dy}{dz} = x'_y \,.\, N \end{aligned}\right\} \quad (40)$$

Wtedy, biorąc $n = 1$, otrzymamy:

$$\left.\begin{aligned} P &= \frac{Ł\,.\,f}{\sigma} \cdot \frac{z - \nu\,.\,v^2}{x_\Delta - x_\alpha\,.\,z + x} \\ v &= D\,(y - y_0) \\ x'_z &= \frac{B+p}{B}\,\tau\,\frac{Nv}{P} \end{aligned}\right\} \quad (41)$$

przy czym poszczególne oznaczenia posiadają to samo znaczenie, co i w rozdziale I.

§ 15. *Przykład liczbowy.*

Wyniki obliczeń przy argumencie z, przy tych samych danych, są identyczne jak i przy argumencie y. Obliczymy przykład dla tych samych danych jak w przykładzie § 12 z tym tylko, że wartość szybkości spalania się prochu przyjmujemy taką, jak przyjmuje Oppokow dla armaty 3″, szrapnela i dla prochu C_{42}; zatem $w_0 = 0{,}000073$.

Licząc analogicznie jak w § 12 otrzymujemy następujące wartości współczynników stałych.

$$\log \xi = \bar{1},98621 \qquad \log \frac{Łf}{\sigma} = 7.16631$$

$$\log \nu = \bar{6},07041 \qquad x_\Delta = 0.2084$$

$$\log \tau = 4.78989 \qquad \log x_\alpha = \bar{2}.65169$$

$$\log D = 2.53938 \qquad \log \frac{B+p}{B}\tau = 4.79667\,.$$

Z tych danych znajdujemy $z = 0.051$ i $y = 0.0481$. Wynik obliczeń okresu pierwszego podany jest w załączonych tabelach.

Dla okresu drugiego znajdujemy:

$$\Delta x = \frac{x_0 - x_1}{4} = \frac{2.286 - 0.4498}{4} = 0.459$$

$\nu_1 = 0{,}19075$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\nu}} \sqrt{1 - (1 - \nu\,.\,v_1^2)\left(\frac{x_\Delta - x_\alpha + x_1}{x_\Delta - x_\alpha + x}\right)^{\nu_1}} =$$

$$= \overline{2{,}96480} \sqrt{1 - \overline{1{,}94062}\left(\frac{\overline{1{,}78771}}{0.1634 + x}\right)^{0.19075}}$$

$$P = \frac{Ł\,.\,f}{\sigma} \cdot \frac{1 - \nu\,.\,v^2}{x_\Delta - x_\alpha + x} = \overline{7{,}16631}\;\frac{1 - \overline{6{,}07041}\;v^2}{0.1634 + x}$$

Obliczenia pomocnicze:

	z	y	v	$\nu \,.\, v^2$	$z - \nu \,.\, v^2$	$x_\alpha \,.\, z$	$x_\Delta - x_\alpha \,.\, z + x$	$P.$
0	0.051	0.0481	0	0	0.051	0.0023	0.2061	2629000
1	0.075	0.0714	8.1	0.000076	0.0749	0.0034	0.2050	5358000
0	0.051	0.0481	0	0	0.051	0.0023	0.2061	3629000
1	0.075	0.0714	8.1	0.000076	0.0749	0.0034	0.2061	5330000
0	0.051	0.0481	0	0	0.051	0.0023	0.2061	3629000
1	0.075	0.0714	8.1	0.000076	0.0749	0.0034	0.2061	5330000
2	0.100	0.0953	16.3	0.0003	0.0997	0.0045	0.2083	7020000
0	0.051	0.0481	0	0	0.051	0.0023	0.2061	3629000
1	0.075	0.0714	8.1	0.000076	0.0749	0.0034	0.2062	5327000
2	0.100	0.0953	16.3	0.0003	0.0997	0.0045	0.2081	7026000
3	0.125	0.1193	24.7	0.0007	0.1243	0.0056	0.2106	8656000
0	0.051	0.0481	0	0	0.051	0.0023	0.2061	3629000
1	0.075	0.0714	8.1	0.000076	0.0749	0.0034	0.2062	5327000
2	0.100	0.0953	16.3	0.0003	0.0997	0.0045	0.2080	7030000
3	0.125	0.1193	24.7	0.0007	0.1243	0.0056	0.2107	8652000
4	0 150	0.1433	33.0	0.0013	0.1487	0.0067	0.2143	10180000
5	0.175	0.1674	41.3	0.0020	0.1730	0.0078	0.2183	11620000
6	0.200	0.1916	49.7	0.0029	0.1971	0.0090	0.2227	12980000
7	0.25	0.2401	66.5	0.0052	0.2448	0.0112	0.2323	15450000
8	0.30	0.2889	83.4	0.0082	0.2918	0.0135	0.2444	17510000
9	0.35	0.3379	100.0	0.0118	0.3388	0.0157	0.2570	19330000
10	0.40	0.3872	117.5	0.0162	0.3838	0.0179	0.2711	20760000
11	0.45	0.4367	134.5	0.0213	0.4287	0.0202	0.2869	21910000
12	0.50	0.4865	151.8	0.0271	0.4729	0.0224	0.3043	22800000
13	0.55	0.5366	169.2	0.0337	0.5163	0.0247	0.3234	23300000
14	0.60	0.5869	186.6	0.0409	0.5591	0.0269	0.3448	23780000
15	0.70	0.6884	221.7	0.0578	0.6422	0.0314	0.3909	24040000
16	0.80	0.7910	257.2	0.0778	0.7222	0.0359	0.4530	23380000
17	0.90	0.8948	293.2	0.1011	0.7989	0.0405	0.5249	22320000
18	1.00	1.0000	329.6	0.1278	0.8722	0.0449	0.6133	20860000

Całkowanie liczbowe $x'_z = 4{,}78989 \dfrac{N \,.\, v}{P}$

$$\Delta x_n = \Delta y \left(x'_{n-1} + \frac{1}{2} \Delta x'_{n-1} + \frac{5}{12} \Delta^2 x'_{n-1} + \frac{3}{8} \Delta^3 x'_{n-1} \right)$$

NrNr	z	N	x	Δx	x'	$\Delta x'$	$\Delta^2 x'$	$\Delta^3 x'$
0	0.051	0.9535	0		0			
1	0,075	0.9558	0	0	0.089			
0	0.051	0.9535	0		0			
1	0.075	0.9558	0.0011	0.0011	0.089	0.089		
0	0.051	0.9535	0		0	0.129	— 0.04	
1	0,075	0.9558	0.0011	0.0011	0.089	0.089	— 0.04	
2	0.100	0.9582	0.0044	0.0033	0.138	0.049	— 0.04	
0	0.051	0.9535	0		0	0.155	— 0.091	0,025
1	0,075	0.9558	0.0012	0.0012	0.089	0.089	— 0.066	0.025
2	0.100	0.9582	0.0042	0.0030	0.137	0.048	— 0.041	0.025
3	0.125	0.9606	0.0078	0.0036	0.169	0.032	— 0.016	0.025
0	0.051	0.9535	0		0			
1	0.075	0.9558	0.0012	0.0012	0.089	0.089		
2	0.100	0.9582	0.0041	0.0029	0.137	0.048	— 0.041	
3	0.125	0.9606	0i0079	0.0038	0.169	0.032	— 0.016	0.025
4	0.150	0.9630	0.0125	0.0047	0.192	0.023	— 0:009	0,007
5	0.175	0.9654	0.0177	0.0051	0.212	0.020	— 0.003	0.006
6	0.200	0.9679	0.0233	0.0056	0.228	0.016	— 0.004	— 0.001
7	0.25	0.9728	0.0351	0.0118	0.258	0.030	— 0.014	0.018
8	0 30	0,9779	0.0495	0.0144	0.287	0.029	— 0.001	— 0.015
9	0.35	0.9830	0.0643	0.0148	0.314	0.027	— 0.002	— 0.001
10	0.40	0.9882	0.0806	0.0163	0.344	0.030	0,003	0.005
11	0 45	0.9934	0.0987	0.0181	0.376	0.032	0.002	— 0.001
12	0.50	0.9987	0.1183	0.0196	0.410	0.034	0.002	
13	0.55	1.0041	0.1397	0.0214	0.449	0.039	0.005	0.003
14	0.60	1.0096	0.1633	0.0236	0.488	0.039		— 0.005
15	0.70	1.0208	0.2139	0.0506	0.579	0.091	— 0.052	0.052
16	0.80	1.0324	0.2805	0.0666	0.700	0.121	— 0.030	— 0.022
17	0.90	1.0444	0.3570	0.0765	0.846	0.146	— 0.025	— 0.005
18	1.00	1.0569	0.4498	0.0928	0.030	0,184	— 0.038	0.013

Ostatecznie otrzymujemy następującą tabelkę:

x	Δx	v	P
0,9088	0,459	429,0	10720000
1,3679	0,4591	477,0	7015000
1,8269	0,459	511,4	5103000
2,2860	0,4591	530,1	4008000

Otrzymaliśmy więc:

$$v_0 = 530{,}1 \text{ m/sek}$$
$$P_m = 2404 \text{ kg/cm}^2$$
$$P_w = 400{,}8 \text{ kg cm}^2$$

ROZDZIAŁ III

§ 16. *Całkowanie przy zmniennej niezależnej v.*

Jeśli za niezależną zmienną przyjąć szybkość pocisku, to dla okresu pierwszego należy uwzględnić, że:

$$y'_v = \frac{dy}{dv} = \frac{1}{y'z} = \frac{Pn-1}{D}$$

$$x'_v = \frac{dx}{dv} = \frac{dx}{dy} \cdot \frac{dy}{dy} = x'_y \frac{Pn-1}{D} = \frac{B+p}{B} \frac{v \cdot \tau}{D\ P.}$$

wskutek czego w pierwszym okresie należy rozwiązywać następujące równania:

$$P = \frac{Ł \cdot f}{\tau} \cdot \frac{z - \gamma v^2}{x_\Delta - x_\alpha \cdot z + x} \tag{42}$$

$$y'_v = \frac{Pn-1}{D} \tag{43}$$

$$x'_v = \frac{B+p}{B} \frac{v \cdot \tau}{D.\ P.} \tag{44}$$

w wypadku gdy $n = 1$, równanie (43) przyjmie postać:

$$y = y_0 + \frac{v}{D} \tag{45}$$

Słabą stroną tego wariantu rozwiązania stanowi konieczność obliczania z wg y lub interpolowanie wartości z z tabel.

Wyniki otrzymane przy tym sposobie rozwiązania są oczywiście identyczne z wynikami otrzymanymi przy wariantach uprzednio przedstawionych.

§ 17. *Uwagi odnośnie argumentu t.*

Ponieważ

$$y'_t = \frac{P}{\tau}$$

$$z'_t = \frac{dz}{dt} = \frac{dz}{dy} \cdot \frac{dy}{dt} = \frac{P}{N \cdot \tau}$$

$$v'_t = \frac{g. P. \xi . \sigma}{i. p.} = \frac{D. P.}{\tau}$$

$$x'_t = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{B+p}{B} \cdot l\right) = \frac{B+p}{B} \cdot v$$

a więc przyjmując czas t za zmienną niezależną możemy otrzymać dla okresu pierwszego:

$$P = \frac{Ł. f}{\sigma} \quad \frac{z - \nu . v^2}{x_\Delta - x_\alpha . z + x} \tag{46}$$

$$z'_t = \frac{P}{N. \tau} \tag{47}$$

$$v'_t = \frac{D. P.}{\tau} \tag{48}$$

$$x'_t = \frac{(B + p) v}{B} \tag{49}$$

Te same równania mają zastosowanie także do okresu drugiego, przy czym $z = 1$ i równanie (47) znika.

Poza tym, ogólnie biorąc, odpada konieczność posługowania się geometrycznym prawem spalania się prochu, gdyż wartość $D = \frac{dy}{dz}$ można całkowicie wyrugować. Mianowicie, ponieważ

$$z = \frac{\Omega}{\Omega_0}$$

stąd
$$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{\Omega} \cdot \frac{d\,\Omega}{dt}$$

i ponieważ $d\,\Omega = w\, K. S. dt$; $w = A\, P^n$ otrzymujemy

$$z'_t = A\, P^n \frac{S}{\Omega_0} = A \,.\, P^n \frac{S}{S_0} \cdot \frac{S_0}{\Omega_0} \tag{50}$$

Równanie (50) wskazuje, że jeśli przy uprzednio dobranym n znajdować wielkość:

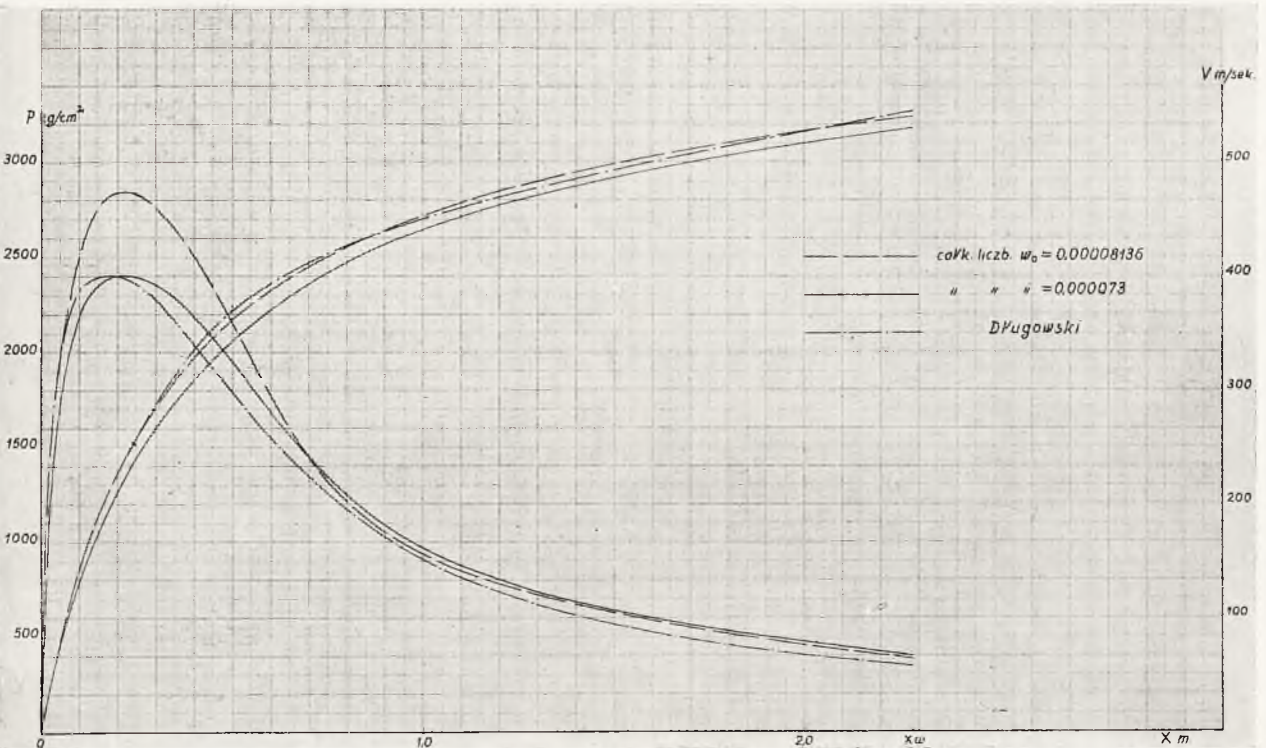
$$N_1 = A \frac{S}{S_0} \tag{51}$$

z doświadczenia w zależności od z i Δ, to odpada konieczność uwzględniania geometrycznego prawa spalania prochu.

Wtedy zamiast równania (47) otrzymamy:

$$z'_t = \frac{S_0}{\Omega_0} P^n N_1$$

W obecnej chwili brak jednak danych, pozwalających stwierdzić, że funkcję N_1 można dokładnie znaleźć doświadczalnie. W przyszłości duże usługi mogą tu oddać piezoloktryczne metody pomiarów ciśnień w lufie; obecnie należy przyjmować za zmienną niezależną y, z lub v.


P kg/cm²
3000
2500
2000
1500
1000
500
V m/sek.
500
400
300
200
100
całk. liczb. w_0 = 0,00008136
" " " = 0,000073
Długowski
0
1,0
2,0
Xw
X m

§ 18. Przytoczę kilka uwag, nakie nasuwają się przy pierwszym, wstępnym stosowaniu praktycznym tej metody.

Jedynym, lecz b. ważnym czynnikiem, którego określenie stanowi trudność przy stosowaniu podanej przez Oppokowa metody całkowania liczbowego do rozwiązania zagadnień balistyki wewnętrznej, jest szybkość spalania się prochu przy ciśnieniu normalnym w_0. Oczywiście szybkość spalania się prochu przy ciśnieniu normalnym w_0 jest wielkością matematyczną, a nie fizyczną i nie można jej mierzyć bezpośrednio, gdyż spalanie się prochu pod ciśnieniem atmosferycznym przebiega zupełnie według innych praw i proch daje zupełnie inne produkty spalania niż przy spalaniu się prochu pod ciśnieniem w bombie lub w lufie. Przy rozwiązaniu przykładów przytoczonych w §§ 12 i 15 wynika, że:

Oba współczynniki w_0 przyjęte w przytoczonych przykładach są wielkościami dość przypadkowymi i o dużej rozpiętości wartości między nimi [1]. Stosowanie tych odmiennych współczynników, przy zachowaniu stałymi pozostałych danych, powoduje następujące różnice w wynikach obliczeń:

	Długowski		Całkowanie liczbowe			
			$w_0 = 0.00008136$		$w_0 = 0,000073$	
x_m	0,1688	m	0,2127	m	0,2139	m
x_1	0,3355	m	0.3187	m	0,4498	m
v_m	207.5	m/sek.	234.2	m/sek.	221,7	m/sek.
v_1	303,7	"	296,3	"	329,6	"
v_0	533,7	"	539,7	"	530,1	"
P_m	2405	kg/cm²	2840	kg/cm²	2404	kg/cm²
P_1	2193	"	2730	"	2086	"
P_w	347	"	394	"	401	"

Plastyczniej jeszcze różnice wyników uzmysławia załączony wykres.

Widać, że dość duże różnice wartości szybkości spalania się prochu przy ciśnieniu atmosferycznym, jakie występowały w obu przytoczonych przykładach powodują tylko niewielkie różnice w wynikach obliczeń — zatem wystarczy, praktycznie, oznaczyć w_0 z dość grubym przybliżeniem.

Dużym ułatwieniem pracy przy metodzie całkowania liczbowego są tabele zależności z, y i N, które należałoby opracować dla najczęściej używanych prochów.

Sądzę, że powyższa metoda balistyki wewnętrznej, uzupełniona tablicami, komentarzami, oraz dokładnym określeniem granic stosowalności — może być cennym nabytkiem dla balistyki, zwłaszcza przy $n = 1$ i w tej myśli podjąłem trud uprzystępnienia jej czytelnikom polskim, tym bardziej że sama *zasada* całkowania liczbowego może oczywiście znaleźć zastosowanie i przy innym sposobie rozwiązywanie równań balistyki wewnętrznej niż podany przez Oppokowa.

Inż. Dionizy Smoleński.

---

[1]) Średnia wartość w_0 dla prochów nitrocelulozowych wynosi 0,000075 m/sek. Patrz M. E. Sieriebriakow, Wnutrienniaja balistika — str. 102.

BIBLIOGRAFIA

TIECHNIKA I WOORUŻENJE, 1937 r.

Amunicja „Swift" 5,6 mm o bardzo dużej szybkości wylotowej.
Lotnicze armatki automatyczne Oerlikon.
O powłokach metali przeciw korozji — G. Mietrewieli.
Pocisk 6 mm.
Rozwój karabinów automatycznych.

ARMY ORDNANCE, XI, XII/37 r.

Studium o mobilizacji przemysłowej w Anglii. Cz. I. — mjr rez. L. Codd.
Propaganda i wojna — gen. J. Fuller.
Artyleria lotnicza (rysunki z objaśnieniami).
Przemysłowe umowy wojenne — mjr C. Fenn.
Szkło odporne na pociski — B. Scharpe.

ARMY ORDNANCE I, II/38 r.

Nauki z wojny hiszpańskiej — Liddel Hart (ocena ludzi i sprzętu).
Studium o mobilizacji przemysłowej w Anglii. Cz. II — mjr rez. L. Codd.
Służba uzbrojenia w nowej dywizji (dyskusja o proponowanej organizacji) — ppłk. R. Marsh.

Dywizja piechoty ma składać się z 12.839 szeregowych i 673 oficerów. Uzbrojenie jej stanowią: 3.996 karabinów półautomatycznych; 324 l. k. m.; 72 k. m. 0,3'', 36 lekkich moździerzy piechoty, 36 moździerzy 81 mm, 24 haubice 75 mm i 12 haubic 105 mm. W skład dywizji jako „rzut bojowy" wchodzą 3 pułki piechoty i 1 pułk artylerii (4 bataliony po 3 baterie). W skład „rzutu zwiadowczego" wchodzi szwadron kawalerii zmotoryzowanej. Służby pomocnicze zaopatrywania tworzą osobny „rzut służb" pod dowództwem generała brygady. Ponadto istnieją: „rzut dowództwa" (kwatera główna, kompanja łączności i batalion inżynieryjny), oddział personelu przydzielonego (personel łączności, personel sanitarny i kapelani).

Angielski rewolwer „Adams" jako rywal Colta — S. Haw.
Planowanie budownictwa przemysłowego. — kpt. W. Winslow.
Broń minimalna (pistolety Waltera 0,22''; 0,32''; 0,38'') — H. Stier.

ARMY ORDNANCE VII, VIII/38 r.

Zbrojownia Rock Island, 1863 — 1938 r. — ppłk. N. Ramsay.
Uzbrojenie lotnicze — ppłk. R. Maxwell.
Tworzywa strategiczne i krytyczne—ppłk H. Rogers (ciąg dalszy w Nr IX, X).
"Zaopatrywanie w nowoczesnej wojnie" przez ppłka G. Shawa, recenzja.

ARMY ORDNANCE IX, X/38 r.

Szkoła strategji i zaopatrzenia — ppłk H. Jordan. Cele i metody pracy w Army Industrial College.

REVUE D'ARTILLERIE 1938 r.

O zjawiskach dźwiękowych ruchu pocisku (II—V) — ppłk L. Camps.

BULLETIN BELGE DE SCIENCES MILITAIRES 1937 r.

Ruch pocisku art. dokoła środka ciężkości — kpt. Hecq; studium (Dodatek techniczny).

BULLETIN BELGE DE SCIENCES MILITAIRES 1938 r.

Narzędzia balistyki wewnętrznej: tabele i wykresy — por. De Moor (Dodatek techniczny).

MILITÄRWISSENSCHAFTLICHE UND TECHNISCHE MITTEILUNGEN 1938.

Broń przeciwlotnicza i jej zastosowanie — mjr Krziwanek (III).
Ostrzeliwanie Paryża w czasie wojny światowej—płk Lonczarević-Syposs (VI).

WEHRTECHNISCHE MONATSHEFTE 1938 r.

Karabin maszynowy 20 mm S T 5 uniwersalny (II).
Oficer jako matematyk — dr H. Hermann (II).
O korpusie służby uzbrojenia w Stanach Zjedn. — mjr Engel (II).
Armatka automatyczna 37 mm Rheinmettal-Borsig (III).
Nowoczesne tworzywa z żelaza i stali i ich znaczenie w technice wojennej— inż. Karsten (III).
Polityka wojenna i budowa maszyn — prof. Woldt (III).
Instrukcje techniczne o broni i zasady wytwórczości — płk Drees (IV i VI).
Znaczenie broni 20 mm S 18 jako broni ppancernej piechoty (IV).
Zaopatrzenie przemysłu uzbrojeniowego światowego w miedź—dr Ruppert (T).
Fabryka w czasie wojny — organizm czy formacja? — dr Leonhardt (VI).
Rozwój przemysłu uzbrojeniowego wg urzędowej statystyki (1928—1937) (VI).
Gospodarka wojenna zagranicy — kpt. Stark; porównanie.
Inwestycje w gospodarce wojennej — dr Leonhardt. Zasoby ważnych dla wojny kopalin (VII).
Zagadnienie przeszkolenia w gospodarce wojennej — dr Leonhardt (I).
Od „armaty bombowej" do działka piechoty — kpt. Westphal. Historyczny rozwój konstrukcji moździerzy piechoty i broni ppancernej w Niemczech.

ARTILLERISTISCHE RUNDSCHAU 1938 r.

Lekka armatka polowa 75 mm Bofors — dr F. Mouths (I). Ciężar 920 kg, pocisk 6,5 kg, $V_0 = 500$ m/s, donośność 10.200 m.
Lekkie działka piechoty Madsena 20 i 37 mm — dr F. Mouths (VII). Nowoczesne konstrukcje.

DEUTSCHE WEHR 1938 r.

Broń stromotorowa francuskiej piechoty: moździerz 60 mm wz. 35 i 81 mm wz. 27/37 (Nr 27).

Uzbrojenie woiska czeskiego (Nr 37).
Wynalezienie i rozwój techniczny ważniejszego sprzętu wojennego (Nr 37).
Optyczny karabin sportowy — dr H. Schmidt (Nr 36).
Karabin T i k. m. „Tuf" — K. Klietmann (Nr 28, 34).
Nowa francuska haubica lekka 105 mm (Nr 30).

ZEITSCHRIFT F. D. GESAMTE SCHIESS- UND SPRENGSTOFFWESEN 1937.

Wpływ gazów wylotowych na stabilizację pocisków długich—dr Grötsch (XII). *Tabelaryczny przegląd zapalników artyl. oraz sposobów zabezpieczenia zapalników bomb lotniczych i zap. uderzeniowych* — dr J. Mayer (XI). Zestawienie patentów niemieckich za okres ostatnich 20 lat.

MECHANIK wychodzi od maja 1938 r., wydawany przez Stow. Inż. Mech. Polskich wespół z Polskim Zw. Przem. Met.

Miesięcznik ten przeznaczony jest dla pracowników przemysłu i rzemiosła metalowego o średnim poziomie wykształcenia technicznego.

Jest to właściwie wznowienie czasopisma o powyższym tytule, po 4 letniej przerwie; stąd rok XVII wydawnictwa.

A W I Z O

Spółka Akcyjna „Lignoza" pragnie zakupić 2 komplety zeszytów „Wiad. Tech. Uzbr." Nr Nr 1—38. Oferty do firmy pod adresem: Katowice, ul. Dworcowa Nr 13.

WARUNKI OGŁASZANIA PRAC W „WIADOMOŚCIACH TECHNICZNYCH UZBROJENIA".

1. Prace do druku należy przysyłać pod adresem: Redakcja „Wiadomości Technicznych Uzbrojenia" Instytut Techniczny Uzbrojenia, al. Niepodległości 243.

2. Prace powinny być pisane na maszynie lub czytelnie ręcznie, na jednej stronie, z pozostawieniem odstępów między wierszami dla umożliwienia poprawek.

3. Prace powinny być starannie wykończone pod względem stylu i pisowni. Zmiany podczas korekty autorskiej mogą być czynione jedynie na koszt autora.

4. Redakcja przyjmuje jedynie prace nigdzie dotychczas nie drukowane.

5. Redakcja zastrzega sobie prawo czynienia wszelkich poprawek stylistycznych, interpunkcji oraz skracania nadesłanych artykułów, nie naruszając jednak zasadniczych myśli autora. W razie poważniejszych poprawek albo odpowiedniego zastrzeżenia ze strony autora, redakcja poprawioną pracę przesyła autorowi do wyrażenia zgody na opublikowanie jej w poprawionej formie.

6. Redakcja zwraca rękopisy i rysunki lub fotografie, jeżeli autor zastrzega to sobie.

7. Honoraria autorskie wynoszą: za wiersz garmondu 30 gr, za wiersz petitu 36 gr, w wyjątkowych wypadkach redakcja podwyższa honorarium (za prace wybitnej wartości).

8. Rysunki i szkice załączone do prac są honorowane jedynie w razie poprawnego ich wykonania, kwalifikującego je do bezpośrednich zdjęć na klisze. Honorarium za nie oblicza się wg zajmowanych przez nie wierszy garmondu. Koszty przepisania na maszynie lub przerysowania odlicza się z honorarium.

Adres Redakcji i Administracji: Warszawa, al. Niepodległości 243, Inst. Tech. Uzbr

Tel. Redakcji i Administracji: Centrala 8-02-80, wewn. 167.

Warunki prenumeraty: rocznie 6 zł. 80 gr. Nr pojedynczy 1 zł. 70 gr.— Konto P. K. O. Nr 30254.

Drukarnia J. Jankowski i S-ka, Warszawa, Zielna 20. Tel. 519-77.